ÜBER DAS WACHSTHUM

DER

MENSCHLICHEN WIRBELSÄULE.

INAUGURAL-DISSERTATION

der

medicinischen Fakultät

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

vorgelegt von

EMIL MOSER

cand. med.

STRASSBURG

Universitäts-Buchdruckerei von J. H. Ed. Heitz

(Heitz & Mündel)

1889.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Fakultät der Universität Strassburg.

Referent: **Prof. Dr. Freund.**

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Schon in den ältesten Zeiten lenkte die menschliche Gestalt und das scheinbar so regellose und doch so harmonische Verhältniss, in dem ihre einzelnen Theile zu einander stehen, den Blick des denkenden Menschen auf sich. So berichtet uns Schadow[1] von einem altindischen Werke, Silpi-Sastri, d. h. von den schönen Künsten, in welchen die Proportionen des erwachsenen menschlichen Körpers ziemlich richtig angegeben werden.

Und die Bildwerke der alten Aegypter, so wenig sie sonst einem höheren ästhetischen Geschmacke Genüge leisten mögen, zeigen doch überall richtig eingehaltene Masse, sowohl für die Höhe als auch für die Breite und Dicke des Körpers. Dass auch die klassischen Völker des Alterthums, die Griechen und Römer eifrig diesem Studium oblagen, beweisen eben so sehr ihre plastischen Kunstwerke, die zum Theil heute noch als unerreichte Ideale dastehen, als auch die Angaben ihrer Schriftsteller, aus denen wir ersehen, dass es die grössten und gefeiertsten Künstler nicht unter ihrer Würde hielten, die Lehre von den Proportionen der menschlichen Gestalt nicht nur festzustellen, sondern sie auch in Musterwerken ihren Schülern plastisch vor Augen zu führen. Namentlich ist ein Werk Polyklet's in diesem Sinne berühmt geworden und hat danach den Namen des Kanon, der Richtschnur, erhalten. Mit dem Aufblühen der Malerei und

Plastik im Zeitalter der Renaissance wurde auch diese mehr wissensschaftliche Seite der genannten Künste wieder mit neuem Eifer gepflegt, und gerade die bedeutendsten Künstler beschäftigten sich am eingehendsten damit und haben ihre Erfahrungen darüber uns übermittelt. Ich erwähne hier von den vielen nur Leonardo da Vinci[2] und bei uns in Deutschland Albrecht Dürer.[3] Näheres über den Entwickelungsgang dieser „Anthropometrie" kann man in den Werken von Schadow[1] und Quetelet[4] nachlesen.

Wie es jedoch bis in unser Jahrhundert herein fast nur Künstler waren, die sich mit dem Ausbau dieser Lehren abgaben, so war auch der streng wissenschaftliche Theil derselben ziemlich vernachlässigt worden. Je mehr aber die wissenschaftliche Grundlage fehlte, desto mehr suchte man auf dem Wege der „Philosophie" zu erreichen. Man construirte allerhand phantastisch-mystische Formeln für die Verhältnisse der einzelnen Theile des menschlichen Körpers zu einander, fand darin geheimnissvolle Beziehungen ausgedrückt zur Aussenwelt, der Erde, dem Planetensystem, oder auch zur Moral und Intelligenz des einzelnen Individuums. Lehren, die in den Schriften von Gall[5] und Lavater[6] ihren Gipfelpunkt erreichten, aber auch in neuerer Zeit, wenn auch in etwas modernerem Gewande, wieder auftauchten, wie die Werke von Carus[7] und Zeising[8] beweisen.

Erst als in neuerer Zeit einerseits anatomisch gründlich gebildete Künstler, wie namentlich Schadow und Harles,[9] diesem Gebiete ihre Aufmerksamkeit schenkten, andererseits auch endlich die anatomische Unsersuchung sich damit zu beschäftigen anfing, angeregt namentlich durch die Arbeiten H. Meyer's[10] über die Statik des menschlichen Körpers und durch das Interesse, welches die vergleichende Anthropologie in immer grösserem Masse wachrief, da begann auch eine neue Entwicklung für diesen Zweig der Wissenschaft.

Diesen vereinten Bemühungen ist es denn auch zu danken, dass gegenwärtig alle Proportionen des entwickelten menschlichen Körpers ziemlich genau feststehen, und dass wir auch über die Entwicklung von der Geburt bis zur vollen Reife, wenigstens in den Grundzügen, unterrichtet sind.

Immerhin ist es auffallend und bei der Wichtigkeit des Gegenstandes schwer begreiflich, dass die Einzelnheiten dieses Entwicklungsganges noch so wenig bekannt sind, und dass zum Aufbau einer „Anatomie des Kindesalters" noch so mancher Grundstein fehlt. Es ist ja allerdings weder die Aufsuchung der Unterschiede der Form in den verschiedenen Abschnitten des Lebens und die Verfolgung ihres allmählichen Ueberganges mit dem Zirkel in der Hand so leicht und bequem wie die Durchdetaillirung der abgeschlossenen Form, noch ist dieses Studium durch eine Fülle von Bildern und interessante Beziehungen zur gesammten Phylogenese so anregend wie die embryologischen Untersuchungen, noch scheint endlich auch das Material gerade zu solchen Arbeiten leicht zu beschaffen zu sein. Trotzdem bleibt die Erforschung dieser postembryonalen Entwicklung ein unabweisbares Postulat, nicht nur vom wissenschaftlichen, sondern auch vom rein praktischen Standpunkte aus, da nur auf diesem Wege der Grund zu einer rationellen Pathologie des Kindesalters gelegt werden kann.

So kam es, dass mit Ausnahme des Skelettes, wo die Verhältnisse noch am günstigsten liegen, über die Entwicklung der kindlichen Organe zu denen des Erwachsenen nur wenig Mittheilungen vorhanden sind, und dass namentlich über die Bedingungen dieser Entwicklung fast gar nichts bekannt ist.

Was nun den Einwand betrifft, dass das Material nur schwer in genügender Menge zu beschaffen sei, so kommt es, glaube ich, zunächst gar nicht so sehr darauf an, für jedes Alter vollständig richtige Mittelwerthe des Wachsthums

zu erhalten, ein Unternehmen, dessen Schwierigkeit und Unfruchtbarkeit man leicht erkennt, wenn man sich der vielen tausend Messungen und Wägungen erinnert, die zur Festsetzung der mittleren Länge und des mittleren Gewichts des Körpers in den einzelnen Jahren vorgenommen wurden und doch zu keinem übereinstimmenden Resultate geführt haben, als viel mehr darauf, an der Hand einer Reihe gut ausgewählter typischer Beispiele unter richtiger Würdigung der Individualität des einzelnen Falles in grossen Zügen die Entwickelung eines jeden Körpertheils darzulegen. Man erhält auf diese Weise eine Art Schema des Wachsthums, das in seinen Hauptpunkten feststeht und in seinen Einzelheiten leicht durch spätere speciellere Untersuchungen ergänzt werden kann. Dass dies nicht nur möglich, sondern auch fruchtbringend ist, beweisen unter Anderem die schöne Arbeit von Langer,[11] dem es gelang, gestützt auf nur wenige Zwischenformen den Entwickelungsgang des ganzen Skelettes in seinen Hauptphasen zu erkennen, und in jüngster Zeit zwei Abhandlungen von W. A. Freund,[12] der auf ähnliche Weise zwei Organe, das Becken und die Tube, behandelte und zugleich die erhaltenen Resultate zur Erklärung gewisser pathologischer Vorgänge an diesen Organen verwerthete. In diesem eben ausgeführten Sinne möge denn auch der nachfolgende Versuch beurtheilt werden.

Bevor ich jedoch zur Mittheilung desselben übergehe, halte ich es für meine Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Freund, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke, auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen. Derselbe hat nicht nur die hier bestehende Lücke der Wissenschaft erkannt, sondern will sie auch ausfüllen, indem er in einer Reihe von Arbeiten, die unter seiner Leitung angestellt und in nächster Zeit als Dissertationen erscheinen werden, zunächst die einzelnen

Theile des menschlichen Skelettes, später vielleicht auch die anderen Organe in Bezug auf ihre postembryonale Entwicklung untersuchen lässt. In zweiter Linie gebührt mein Dank Herrn Professor Dr. Schwalbe, Direktor der hiesigen anotomischen Sammlung, der mir das zu meiner Arbeit nöthige Material in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte.

Was nun speciell das vorliegende Thema betrifft, das Wachsthum der menschlichen Wirbelsäule, d. h. ihre Entwicklung von der Geburt bis zum ausgewachsenen Zustande, so liegen darüber nur sehr wenige Mittheilungen vor. Langer[11] hat sich wohl am eingehendsten in seinem oben angegebenen Werke damit beschäftigt; Messungen über die Länge der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule in verschiedenen Lebensaltern hat dann später Ravenel[13] veröffentlicht, dann hat noch Henke[14] in seiner Anatomie des Kindesalters einige Mittheilungen über diesen Gegenstand gemacht. Die übrigen Arbeiten betreffen hauptsächlich die Entstehung der normalen Krümmung der Wirbelsäule und ihre Statik. Darauf, sowie auf die gelegentlichen Angaben anderer Untersuchungen soll an gegebener Stelle näher eingegangen werden.

Hier nur noch einige Worte über die Art und Weise, wie solche Untersuchungen über das Wachsthum des menschlichen Körpers vorgenommen werden sollen. Zunächst entsteht die Frage, sollen wir am Lebenden oder an der Leiche untersuchen; ich glaube, dass eines so wichtig ist wie das andere, denn da gerade bei einem grossen Theile der zu untersuchenden Organe, nämlich dem ganzen beweglichen und unbeweglichen Skelettapparate, die Funktion wesentlich in der Form begründet ist, erstere aber vollständig nur am Lebenden beobachtet werden kann, die feineren Veränderungen aber wiederum nur der anatomischen Zergliederung und

Messung der zerlegten Theile zugänglich sind, so müssen beide Untersuchungen Hand in Hand gehen, ganz abgesehen davon, dass viele in der Tiefe des Körpers gelegene Organe nur auf dem einen Wege erforscht werden können, andere Untersuchungen dagegen, wie z. B. fortlaufende Messungen, an demselben Individuum in verschiedenen Altersstufen nur auf dem anderen Wege möglich sind. Wie ich über die Beschaffung des Materials denke, habe ich schon oben auseinandergesetzt. Die zweite Hauptbedingung aber, um zu einem gedeihlichen Ergebnisse solcher Forschungen zu kommen, ist die, dass sie nach einem einheitlichen, übereinstimmenden Schema gemacht werden. Denn sonst arbeitet jeder Einzelne nur für sich und die gewonnenen Resultate sind ohne mitunter gewagte Reductionen nicht zu vergleichen. Einem solchen Schema dürfen natürlich nicht willkürlich gewählte Messpunkte zu Grunde liegen, sondern es muss der wirklichen Gliederung des Körpers, für unsere Zwecke also speciell den Hauptabschnitten des Skelettes entsprechen. In dieser Weise sind schon unter Anderem von Albrecht Dürer[3] Versuche gemacht worden, der seine Hauptpunkte dahin verlegt „da die Figuren zu biegen sind", und neuerdings sind vollständige Messungsschemen von Langer[11] und Roberts[15] aufgestellt worden, deren Benutzung bei Untersuchungen am Lebenden nicht genug empfohlen werden kann.

Bei der oben erwähnten geringen Anzahl von exakten Untersuchungen über die einzelnen heranwachsenen Körpertheile hat wohl jeder neue Beitrag einigen Werth, selbst wenn er keine wesentlichen neuen Gesichtspunkte bringt, sondern nur bekanntes bestätigt und näher ausführt. Aus diesem Grunde, glaube ich, werden auch meine Untersuchungen nicht ganz werthlos sein. Meine Arbeit schliesst sich dabei eng an die einzige ausführlichere über diesen

Gegenstand, nämlich an die von Langer[11] an. Aus schon angegebenen Gründen behielt ich auch das von Langer aufgestellte Messungsschema, das alle wesentlichen Theile des Wirbels umfasst, bei; denn dadurch wurde es mir möglich, unsere beiderseitigen Resultate zu vergleichen. Da ich Gelegenheit hatte, gerade einige zwischen den von Langer benützten Stadien gelegene Wirbelsäulen zu untersuchen, so musste sich daraus ergeben, ob der von Langer skizzirte Entwicklungsgang richtig war oder mehr oder weniger zu modificiren ist. Wie es sich damit verhält, werden die nachfolgenden Betrachtungen von selbst lehren.

I. Die Wirbelsäule der Neugebornen.

Die erste genauere Beschreibung der neugeborenen Wirbelsäule verdanken wir H. Meyer[10] und F. Horner[16]. Letzterer bildet auch die Profillinien der fötalen Wirbelsäule ab und studirt die Veränderungen derselben bis zum ausgewachsenen Zustande. Daran schliesen sich dann die eingehenden Untersuchungen Parow's[17] und später Balandin's,[18] die aber auch hauptsächlich die Krümmungen der Wirbelsäule betrafen. Die ersten Angaben über die Formentwicklung der einzelnen Wirbel und über die wichtigsten Unterschiede zwischen dem fötalen und ausgewachsenen Wirbel finden wir bei Hüter.[19] Genauere Messungen über die einzelnen Wirbel, sowohl beim Neugeborenen als auch in den späteren Stadien des Wachsthums, nahmen dann ziemlich gleichzeitig Bouland[20] und Langer[11] und später über die einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule, wie schon erwähnt, Ravenel[13] vor.

Die Wirbelsäule des Neugeborenen gleicht im Allgemeinen einem geraden elastischen Stabe, der von den normalen Krümmungen der ausgewachsenen Wirbelsäule noch nichts oder doch nur sehr wenig erkennen lässt. Brust- und Lendenwirbelsäule bilden in der Ruhelage eine Gerade, nur dass an den oberen Brustwirbeln eine leichte Andeutung einer Convexität nach hinten bemerkbar ist, während sich am oberen Ende derselben die Halswirbelsäule, am untern das Kreuzbein schwach nach hinten ausgeschweift in sehr stumpfem Winkel ansetzen.

Die aus der Leiche herausgenommene, frei präparirte Wirbelsäule zeigt dabei eine grosse und ziemlich gleichmässige Beweglichkeit nach hinten und vorn, eine geringere nach beiden Seiten, während Torsionsbewegungen nicht gut ausführbar sind. Dieselben Bewegungen, nur mit geringem Ausschlage, sind auch an der unverletzten Leiche und am lebenden Kinde möglich; die Brustwirbelsäule zeigt auch jetzt schon die geringste Beweglichkeit, wenn dieselbe natürlich auch noch bedeutend grösser ist als beim Erwachsenen.

Die Länge der freien Wirbelsäule (denn nur mit dieser wollen wir uns im Folgenden beschäftigen, da das Wachsthum des Kreuz- und Steissbeines zusammen mit dem der unteren Extremität betrachtet werden muss) beträgt bei einer Gesammtlänge des Neugeborenen von 50—57 cm 19,0—19,5 cm, die sich auf die einzelnen Abschnitte in der Art vertheilen, dass fast genau die Hälfte auf die Brustwirbelsäule, etwas mehr als ein Viertel auf die Lendenwirbelsäule treffen. Die geringsten Schwankungen der Länge zeigt dabei die Lendenwirbelsäule, die stärksten die Halswirbelsäule; doch beträgt auch die Differenz zwischen der längsten und kürzesten Halswirbelsäule nur 1,2 cm. Die Länge der Wirbelsäule verhält sich zur Gesammtlänge des Körpers wie 384 : 1000.

Es ergeben sich demnach als wichtigste Merkmale der neugeborenen Wirbelsäule als Ganzes:

1. Im Verhältniss zur gesammten Körperhöhe zu grosse Länge der freien Wirbelsäule;

2. Abnorm grosse Beweglichkeit;

3. Fehlen der doppelt S-förmigen Krümmung in der Sagittalebene.

Der Punkt 1 bedarf noch einer näheren Ausführung. Während nämlich die Gesammtlänge der Wirbelsäule beim Neugeborenen verhältnissmässig zu gross ist, ist der Lendentheil derselben zu kurz, denn er beträgt nur ein Viertel der Gesammtlänge der Wirbelsäule, während er bei Erwachsenen ein Drittel beträgt. Es geht daraus hervor, dass das Gesammtwachsthum der Wirbelsäule geringer ist als das des ganzen Körpers; dass dies aber nur die oberen Theile der Wirbelsäule und zwar, wie ein Blick auf die Tabelle am Schlusse lehrt, am meisten den Brusttheil betrifft, während der Lendentheil eine grössere Wachsthumsenergie zeigt als der Körper im Ganzen.

Da die Wirbelsäule der eigentlich gestaltbestimmende Theil des Rumpfes ist, wenigstens in seiner Längsgliederung, so ist klar, dass die eigentlichen Wachsthumsverhältnisse der Wirbelsäule auch hier ihren Einfluss bemerkbar machen werden. Da es mir aber im Folgenden nicht möglich ist, auf diese Verhältnisse näher einzugehen, sowohl aus Mangel an geeignetem Material als auch wegen des Einwirkens verschiedener wichtiger sekundärer Bedingungen auf diese Gestaltung (Entwicklung des Brustkorbes, der Extremitätengürtel) so will ich nur der Vollständigkeit halber das Wichtigste hier bemerken.

Das Profil des Rückens bildet beim Neugeborenen eine gerade Linie, wie man auch noch bei etwas älteren Kindern, die schon auf dem Arme der Wärterin sitzen, be-

merken kann. Der Hals hat verhälnissmässig ziemlich die gleiche Länge wie beim Erwachsenen erscheint aber kürzer, da die obere Brustapertur mehr nach oben sieht. (Hüter.[19])

Von den drei Abschnitten des Rumpfes (Brust, Oberbauch, Unterbauch) zeigt der Oberbauch, die Entfernung vom processus xiphoideus zum Nabel, das grösste, der Unterbauch, vom Nabel zur Symphyse, das kleinste Mass (vgl. die Messungen über die Nabelinsertion beim Neugeborenen von H. Bulan[21]). In der weiteren Entwickelung wächst dann die Brust auf Kosten des Oberbauches (Langer). Dies steht scheinbar im Widerspruch zu dem eben angeführten stärkeren Wachsthum der Lendenwirbelsäule, doch wird ein grosser Theil desselben durch die erst später sich ausbildende Lendenkrümmung compensirt.

Was nun die einzelnen Wirbel selbst betrifft, so zeigen sie bei der Geburt alle vom Epistropheus an abwärts drei Knochenkerne, einen unpaaren in der Mitte des Körpers und je einen seitlichen in den Bogenhälften. Letztere ragen etwas in das Gebiet des späteren Wirbelkörpers hinein, den sie auch nach ihrer Verschmelzung mit dem unpaaren Kerne zum Theil bilden helfen.

Die paarigen Kerne sind von dem mittleren durch zwei schon ziemlich schmale prismatische Knorpelfugen getrennt, die so gestellt sind, dass sie einen nach vorn offenen Winkel bilden, der sich, an den Halswirbeln angefangen, wo er am kleinsten ist, gegen die Lendenwirbelsäule zu immer mehr öffnet.

Die Basis des Knorpelprismas ist nach vorn gerichtet. Auf die Bedeutung dieser Anordnung werde ich später zurückkommen. Der unpaare Knochenkern erreicht vorn und hinten schon ziemlich die Oberfläche des Umfanges seines Wirbels, ist aber oben und unten noch von einer mächtigen Schichte faserknorpeligen Gewebes bedeckt, so

dass also das Dickenwachsthum hauptsächlich periostal, das Längenwachsthum wesentlich endochondral erfolgt. Bouland[20] giebt an, dass die Knochenkerne constant hinten höher sind als vorn; mir war es nicht möglich, genaue Masse zu erhalten. Der Seitenkern füllt schon den ganzen Raum zwischen den Gelenkfortsätzen und dem Körper aus.

Die Körper der Wirbel sind im Verhältnisse zu ihren übrigen Dimensionen niedriger als beim Erwachsenen, die Bandscheiben zwischen denselben natürlich um so höher, da ja die ganze Wirbelsäule verhältnissmässig länger ist. Man kann diese eigenthümliche Erscheinung mit Langer so deuten, dass die Wirbelsäule zunächst als Umfassungs- und Schutzorgan des Rückenmarks angelegt wird, während sie zu ihrer Funktion als Stützapparat des Rumpfes erst nach der Geburt auswächst. Die Gestalt des Körpers ist für alle Wirbel ziemlich gleichmässig quer oval oder bohnenförmig, die Unterschiede der einzelnen Regionen der Wirbelsäule sind in ihnen kaum angedeutet.

Die hinteren Bögen sind zwar alle schon geschlossen, aber die Mitte sowie der ganze Dornfortsatz sind noch knorpelig. Die Bogenstiele sind auch die Träger der fossulae costales an den Brustwirbeln, die in gleicher Höhe mit der fossa articularis transvers. stehen.

Das Wirbelloch ist im Verhältniss zum Wirbelkörper viel zu weit, das Wirbelloch selbst ist im Allgemeinen rund, kreisrund jedoch nur in der mittleren Brustwirbelsäule, während im Hals- und Lendentheile der frontale Durchmesser den sagittalen etwas überholt; die Weite des Wirbellochs ist annähernd in der ganzen Säule dieselbe, namentlich ist keine Erweiterung, entsprechend der Hals- und Lendenanschwellung des Rückensmarkes nachzuweisen.

Die Gelenkfortsätze stehen einander verhältnissmässig näher als beim Erwachsenen, auch ist die Articulations-

fläche der Lendenwirbel mehr in der Richtung derjenigen der Brustwirbel also mehr frontal gestellt, worauf schon Hüter[19] aufmerksam macht.

Das Zwischenwirbelloch ist dagegen relativ grösser, ja setzt sich an rein präparirten Brustwirbeln zwischen die Rippengrübchen fort.

Die Querfortsätze sind relativ zu kurz, sie stehen, ihrem Namen entsprechend, an der Brust- und Lendelwirbelsäule in frontaler Ebene, während sie beim Erwachsenen bekanntlich schräg nach hinten abweichen. An ihrem Ende sind sie mit einem Epiphysenknorpel belegt.

Am schlechtesten entwickelt sind die Dornfortsätze, die noch vollständig knorpelig sind.

Während wir bis jetzt die sog. Beugewirbel betrachtet haben, bleiben mir jetzt noch einige Worte über die Drehwirbel, Atlas und Epistropheus zu sagen übrig. Diese haben zusammengenommen zwei unpaarige Knochenkerne in der Säule und zwei Paar seitliche Kerne in den Bogen, wie alle übrigen Wirbel. Der Unterschied beruht aber darin, dass der obere der unpaaren Kerne nicht mit seinen Seitenkernen, sondern mit dem mittleren Kerne des nächsten Wirbels durch Knorpelmassen verbunden ist und später auch damit als dens epistrophei verwächst, während für den vorderen Bogen des Atlas nur eine schmale Knorpelleiste übrig bleibt, die bei der Geburt noch keine Knochenkerne in sich schliesst.

Die Gelenkflächen des Atlantooccipitalgelenkes convergiren beim Neugeborenen stärker als beim Erwachsenen und zeigen nach Hüter[19] noch keine Andeutung der später dieses Gelenk in frontaler Richtung durchziehenden Firste.

Ich glaube, dass diese kurze Skizze der Wirbelsäule des Neugeborenen alles Wichtige enthält, was für die nachfol-

genden Untersuchungen, denen sie als Grundlage dienen soll, in Betracht kommt. Wegen der Einzelheiten verweise ich auf die angefügten Tabellen; auf einige specielle Punkte werde ich an späterer Stelle zurückkommen.

Zum Schlusse dieses Abschnittes will ich noch kurz die Hauptcharaktere des neugeborenen Wirbels zusammenstellen, wie sie grösstentheils auch Langer schon angiebt:

1. Ueberwiegen des Wirbellochs über alle anderen Dimensionen;

2. Ueberwiegen der Dicke über die Höhe an den Körpern, welche noch nicht die Wurzeln der Bogenstiele in sich aufgenommen haben;

3. sehr kurze Fortsätze;

4. mehr frontal gestellte Querfortsätze der Brustwirbel, dagegen daselbst nach vorn convergirende Bogenstiele;

5. relativ weite foramina intervertebralia;

6. grössere Uebereinstimmung der Wirbel verschiedener Abschnitte der Wirbelsäure in ihren Formen;

7. ein im Verhältniss zum Ganzen kürzeres Lendenstück;

8. frontal stehende Gelenkflächen der Lendenwirbelsäule.

II. Die dreijährige Wirbelsäule und die erste Wachsthumsperiode.

Leider ist es mir nicht möglich, über diese Epoche des Wachsthums eigene Untersuchungen mitzutheilen. Auch in der Litteratur sind es, abgesehen von einzelnen zufälligen Bemerkungen, nur die Arbeiten von Langer[11] und Bouland,[20] die sich eingehender mit dem Wachsthum der Wirbelsäule während dieser Zeit beschäftigen. Den nachfolgenden Ausführungen sind speciell die Messungen Langer's zu Grunde gelegt, die einzigen, die ich finden konnte. Ich

glaubte dies um so mehr thun zu dürfen, als meine Untersuchungen ganz in derselben Weise wie die Langer's vorgenommen worden sind und mit denselben, wie sowohl die am Schlusse beigefügten Tabellen als auch die Wachsthumscurven der wichtigsten Dimensionen zeigen, in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen. Nur möchte ich an dieser Stelle noch ausdrücklich darauf hinweisen, dass gerade die Entwickelung der ersten Lebensjahre noch sehr eingehender Studien bedarf, was jedermann sofort zugeben wird, wenn ich nur darauf hinweise, dass von der Geburt bis zum dritten Jahre das Kind das rascheste Wachsthum während des ganzen Lebens zeigt, dass es während dieser Zeit seine Höhe fast verdoppelt und die Hälfte seines definitiven Längenwachsthums erreicht. Es wird sich dann herausstellen, dass die von mir als erste Wachsthumsperiode bezeichnete Zeit in mehrere unter sich ungleiche Abschnitte zerlegt werden muss; dass namentlich die eigentlich erste und zugleich stärkste Wachsthumsperiode viel enger zu begrenzen sein wird, etwa auf das erste Lebensjahr, da während dieser Zeit die Wachsthumsenergie weitaus am grössten ist und z. B. die Höhenzunahme, über die allein zuverlässige Mittheilungen vorliegen, mehr als doppelt so viel als in jedem der folgenden Jahre beträgt. Dass die Entwickelung während dieser Zeit keine für alle Theile gleichmässige ist, lehrt ein Blick auf die sich stetig ändernden äusseren Proportionen, am besten wohl auf die Zeichnungen, die uns Schadow gegeben hat. Leider sind aber über den näheren Gang dieser Entwickelung und über ihre Bedingungen, selbst für die der äusseren Untersuchung leicht zugänglichen Theile, wie z. B. die Extremitäten, noch so wenige Erfahrungen gesammelt, dass es uns nicht wundern darf, wenn ein Organ wie die Wirbelsäule, das nur an der Leiche studirt werden kann, noch so wenig in seinem ersten Wachsthum bekannt ist. Nach diesem Ex-

curse, den ich aber zu meiner Rechtfertigung für nöthig hielt, und den man mir hoffentlich deshalb verzeihen wird, will ich nunmehr die wichtigsten Veränderungen, welche die Wirbelsäule in den drei ersten Jahren durchzumachen hat, an der Hand der Wachsthumscurven und der Messungen Langer's schildern.

Was die Wirbelsäule als Ganzes betrifft, so fällt als Hauptveränderung gegenüber der neugeborenen sofort in die Augen, dass die Krümmungen in der Sagittalebene jetzt entschieden ausgesprochen sind. Die Brustkrümmung, die bei dem Neugeborenen kaum angedeutet ist, hat sich bedeutend vergrössert und zwar wesentlich bedingt durch das Wachsthum der unpaaren Knochenkerne, die nach Bouland's[20] Messungen vorn constant etwas niedriger sind als hinten, während die Zwischenwirbelbänder sich verschieden verhalten, bald vorn, bald hinten ein geringes höher, im Ganzen aber an der Vorderseite ein ganz kleines Uebergewicht gegenüber der Rückseite ergeben. Die Rückenkrümmung wird aber nicht durch sämmtliche Rückenwirbel gleichmässig gebildet, sondern es nehmen nur die neun oberen daran theil und zwar die mittleren davon am stärksten, während die unteren allmählich in die Lendenkrümmung überleiten. Diese, die Lendenkrümmung, ist beim Neugeborenen gar nicht vorhanden, kann aber bekanntlich auch bei ihm schon sofort hervorgerufen werden, wenn man die für gewöhnlich angezogenen Oberschenkel in dieselbe Gerade mit der Längsaxe des Rumpfes bringt. Ursache davon ist die Kürze des mächtigen ligamentum ileofemorale. Dieser Versuch zeigt uns sofort, auf welche Weise die Lendenkrümmung im Laufe der Entwickelung zu Stande kommt. Sobald nämlich das Kind zu stehen und zu gehen versucht, muss es eine Körperhaltung einnehmen, die mit möglichst geringer Muskelanstrengung die grösste Stabilität ermöglicht. Dies ist aber

nur dann der Fall, wenn der Schwerpunkt des Rumpfes über den Schwerpunkt der unterstützenden Beine equilibrirt wird.* Da aber ein Geradestrecken der Beine durch die Kürze des ligamentum ileofemorale unmöglich ist, so bleibt für das Erreichen dieses Zweckes nur eine Vorwärtsbeugung der Lendenwirbelsäule übrig, die demnach die gegliederte Verbindung zwischen Rumpf und dem Gürtel der unteren Extremitäten darstellt. Diese Krümmung findet sich natürlich von dem Zeitpunkte ab, wo das Kind laufen lernt, constant aber, so dass sie sich auch an der Leiche nachweisen lässt, erst vom dritten Lebensjahre ab. Dass sie bei der grossen Beweglichkeit, die sie nothwendig, entsprechend den vielen Schwerpunktsveränderungen des Rumpfes haben muss, nur von den Bandscheiben gebildet werden kann, war von vornherein anzunehmen und ist auch durch die Messungen Bouland's[20] nachgewiesen, wie es ja auch für die erwachsene Wirbelsäule schon seit den Weber'schen[22] Untersuchungen bekannt ist. Eine Ausnahme machen nur die beiden untersten Lendenwirbel, auf die ich an späterer Stelle zurückkommen werde. — Die Halskrümmung ist am Ende der gegenwärtigen Periode im Verhältniss zu ihrer Längenausdehnung bedeutend stärker ausgesprochen als beim Neugeborenen. Was einmal durch die Aufrechterhaltung des Kopfes überhaupt, wofür dasselbe gilt, wie für die des Rumpfes, als auch noch durch die Verschiebung des Schwerpunktes des Kopfes nach vorn, durch die stärker als der Schädel wach-

---

*** In Wirklichkeit liegt beim ruhigen Stehen des Erwachsenen der Schwerpunkt des Rumpfes nicht genau über dem der Beine, da sonst nur ein höchst unsicheres, labiles Gleichgewicht erzielt würde, sondern ist etwas nach hinten abgewichen, wodurch das Gleichgewicht stabil wird, indem ein Rückwärtssinken durch das sich anspannenden lig. ileofem. verhindert wird, beim Vorwärtsfallen aber das Gewicht des ganzen Rumpfes gehoben werden muss.**

senden Gesichtstheile bedingt ist. Erzeugt wird auch hier die Krümmung im Wesentlichen durch die Gestalt der ligg. intervertebr., während die Knochenkerne fast keinen Antheil daran haben. (Bouland[20].)

Die Länge der freien Wirbelsäule beträgt jetzt, am Ende des dritten Jahres, nach Bouland und Langer 31—32 cm bei einer Gesammthöhe des Körpers von etwa 86 cm. Auf den Halstheil treffen davon 6,8 cm, auf den Brusttheil 15,2, auf den Lendentheil 9,7 cm. Die Länge der freien Wirbelsäule verhält sich jetzt zu der des Körpers wie 368 : 1000, während das Verhältniss bei der Geburt 380 : 1000 betrug. Der Wachsthumscoëfficient des ganzen Körpers beträgt demnach für diese Periode 1,72, der für die freie Wirbelsäule nur 1,65, d. h. die Wirbelsäule zeigt während dieser Zeit eine geringere Wachsthumsenergie als der Körper als ganzes. Doch gilt dieses nicht auch für die einzelnen Theile der Wirbelsäule in gleicher Weise, sondern nur die Brustwirbelsäule wächst ungefähr so, wie es der Wachsthumscoëfficient der ganzen Wirbelsäule von vornherein vermuthen lässt (Coëfficient der Brustwirbelsäule 1,60), während die Halswirbelsäule bedeutend hinter diesem Wachsthum zurückbleibt (Coëfficient derselben 1,48), die Lendenwirbelsäule dagegen an Wachsthumsenergie nicht nur die Wirbelsäule überhaupt, sondern auch den Gesammtkörper übertrifft (Coëfficient 1,89). Die Lendenwirbelsäule verhält sich demnach ähnlich wie die unteren Extremitäten, deren im Verhältniss zur Gesammthöhe des Körpers auffallend starkes Längenwachsthum schon längst bekannt ist. Auf die Länge der Wirbelsäule als Einheit bezogen beträgt die Länge des Brusttheiles auch jetzt noch, wie beim Neugebornen, $^1/_2$, die des Halstheiles dagegen ist von $^1/_4$ fast auf $^1/_5$ gesunken, die des Lendentheiles nähert sich schon sehr $^1/_3$.

Aus diesem Verhalten der einzelnen Abschnitte der

Wirbelsäule ergiebt sich, dass auch die einzelnen Wirbel in ihren verschiedenen Dimensionen ein ungleiches Wachsthum zeigen müssen. Die am Schlusse beigefügten Wachsthumscurven der wichtigsten Theile der Wirbel lassen deutlich erkennen, dass in dieser Epoche alle Dimensionen die stärkste Wachsthumsenergie zeigen; die Curven sind sicher und steil aufsteigend. Dabei verhalten sich aber sowohl die verschiedenen Theile des einzelnen Wirbels, wie auch die Wirbel in den verschiedenen Abschnitten der Säule wieder verschieden, wie aus den Tabellen, besonders leicht aber ebenfalls wieder aus den Curven ersichtlich ist.

Die Wirbelkörper lassen jetzt bedeutend leichter die charakteristische Gestalt der einzelnen Regionen erkennen, namentlich ist die dreieckige Gestalt der mittleren Brustwirbelkörper schon deutlich ausgesprochen. Woher das rührt, ist leicht ersichtlich. In der Halswirbelsäule überwiegt das frontale Wachsthum das in den beiden anderen Dimensionen. In den oberen Theilen der Brustwirbelsäule wachsen alle drei Körperdimensionen ziemlich gleich stark, während in den mittleren Theilen derselben das sagittale Wachsthum entschieden prävalirt. In der Lendenwirbelsäule ist das Höhenwachsthum das bedeutendste, während das Breiten- und Dickenwachsthum ziemlich gleichmässig vor sich geht.

Die Knorpelfugen zu beiden Seiten des unpaaren Knochenkernes bestehen auch am Ende der jetzigen Periode noch. Dagegen haben sich die beiden seitlichen Knochenkerne im hinteren Bogen erreicht und sind am Ende des dritten Lebensjahres verwachsen.

Das Wirbelloch zeigt von allen Theilen des Wirbels das geringste Wachsthumsmass und zwar namentlich im sagittalen Durchmesser, so dass der Wirbelkanal jetzt überall eine querovale Form hat mit Ausnahme des unteren Theiles der Brustwirbelsäule, wo eine noch fast kreisrunde Gestalt

erhalten ist. Nur noch an der Halswirbelsäule übertreffen die Dimensionen des Wirbellochs die des Wirbelkörpers um ein Geringes, während von der Mitte der Brustwirbelsäule ab das umgekehrte Verhältniss stattfindet.

Das grösste Wachsthumsmass weisen die Dornfortsätze auf, die sich an Länge verdoppeln, an der Lendenwirbelsäule sogar einen Wachsthumscoëfficienten von 2,7 zeigen. Die Querfortsätze wachsen ungefähr in demselben Verhältniss wie der frontale Durchmesser des Körpers, an den oberen Theilen der Wirbelsäule jedoch stärker als an den unteren. Ganz dasselbe gilt für den Abstand der oberen Gelenkflächen.

Die Hauptcharakteristika dieser Periode sind demnach:

1. Das Auftreten einer constanten Rückenkrümmung und einer in der Rückenlage noch ausgleichbaren Lendenkrümmung;

2. Verschiebung der Längsproportionen der Säule zu Gunsten der Lenden- und zu Ungunsten der Halswirbelsäule, also bedeutende Annäherung an die erwachsene Form;

3. Auftreten der für die einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule charakteristischen Form der Körper;

4. Ueberwiegen des Wachsthums des Wirbelkörpers über das des Wirbellochs, so dass nunmehr von der Mitte der Brustwirbelsäule ab die Dimensionen des Körpers die des Loches übertreffen;

5. Verwachsung der seitlichen Knochenkerne im hinteren Bogen und auffallendes Wachsthum der Dornfortsätze.

III. Die fünf- bis sechsjährige Wirbelsäule und die zweite Wachsthumsperiode.

Wenn ich mit Langer die Zeit vom dritten bis zum sechsten Lebensjahre als eine besondere Wachsthumsperiode hinstelle, so geschieht das besonders deshalb, weil einma

während dieser Epoche die Wachsthumsenergie, wenigstens für die Wirbelsäule, viel geringer ist als in der vorigen Periode, sodann aber namentlich, weil einige der wichtigsten Masse am Ende dieser Zeit ihre definitive Wachsthumsgrösse erreicht haben oder derselben doch wenigstens schon sehr nahe sind.

Die Krümmungen der Wirbelsäule in der Sagittalebene sind jetzt deutlich ausgesprochen und stabiler als in der vorigen Periode, namentlich was Hals- und Brustkrümmung betrifft, während die Lendenkrümmung immer noch in der Rückenlage reducirbar ist. Die Halskrümmung ist fast noch ganz genau dieselbe wie am Ende des dritten Jahres, wie auch die Länge der Halswirbelsäule nur um ein ganz Geringes zugenommen hat. Bedingt ist sie hauptsächlich durch die ligg. intervertebr., die vorn höher sind als hinten, während die Höhe der Wirbelkörper vorn und hinten auch jetzt keinen Unterschied erkennen lässt. Die Rückenkrümmung ist dagegen stärker als am Ende der vorigen Periode. Bouland[20] giebt an, dass dieselbe nur auf Rechnung der Wirbelkörper zu setzen sei, da nach seinen Messungen die Körper der zwölf Brustwirbel zusammen im fünften Jahre an der Vorderseite 4,75 mm niedriger sind als an der Rückseite, während es an den Zwischenwirbelscheiben sogar vorkommen könne, dass sie vorn höher sind als hinten. Ich habe ebenfalls die Körper an ihrer Vorder- und Rückseite in Bezug auf einen Höhenunterschied gemessen, konnte aber nicht zu der Ueberzeugung gelangen, dass eine constante Differenz zu Gunsten der Rückseite vorhanden sei, vielmehr schien es mir, dass die geringen Differenzen, wenn sie überhaupt nachweisbar waren, bald zu Gunsten der Vorderseite, bald zu Gunsten der Rückseite lauteten.

Dagegen stimmen in Betreff der Lendenwirbelsäule Bouland's und meine Messungen überein, woraus hervor-

geht, dass auch in diesem Alter die Lendenkrümmung nur durch die Bandscheiben bedingt ist, während die Wirbelkörper dazu gar nichts beitragen. Eine Ausnahme macht nur der letzte Lendenwirbel, dessen Körper jetzt eine ausgesprochene Keilform zeigt und zwar vorn höher als hinten. Derselbe hat aber auch in Folge seiner festen Verbindungen mit dem Darm- und Kreuzbeine fast gar keine eigene Beweglichkeit, sondern zeigt gerade durch diese beiden Eigenschaften an, dass er dazu bestimmt ist, den Stützpunkt zu bilden, über welchem durch die mit grösserer Beweglichkeit ausgestatteten oberen Lendenwirbel die Last des Rumpfes balancirt wird, während er gerade durch seine Gestalt und Befestigung immer und in jeder Lage den grössten Thei dieser Last auf die Unterstützungspunkte, tubera ischiadica oder acetabula, überträgt und dadurch den Bewegungen eine gewisse Stabilität verleiht.

Die Gesammtkörperlänge für das fünfte und sechste Lebensjahr im Mittel betägt nach den Messungen von Roberts,[15] Schadow,[1] Quetelet[4] und Liharzik[23] etwa 112 cm; es weist also das gesammte Höhenwachsthum der zweiten Periode einen Wachsthumscoëfficienten von 1,30 auf gegenüber von 1,72 in der ersten Periode, es zeigt sich also auch für die gesammte Körperhöhe ein beträchtlicher Rückgang im Vergleich zur vorigen Epoche.

Die Länge der freien Wirbelsäule beträgt dabei nach Langer mit sechseinhalb Jahren 33 cm, nach Bouland[20] mit fünf Jahren 33,9 cm, nach meiner Messung mit fünf Jahren 33,5 cm, in Mittel der fast übereinstimmenden letzten beiden Messungen 33,7 cm. Dies ergiebt aber gegenüber dem dritten Jahre einen Wachsthumscoëfficienten von nur 1,07. Dadurch wird sofort klar, warum ich diese Periode in Bezug auf die Wirbelsäule als die des geringsten Wachsthums bezeichnet habe. In Folge dessen wird natürlich das

Verhältniss der Länge der freien Wirbelsäule zu der des ganzen Körpers, gegenüber der vorigen Periode wesentlich zum Nachtheile der ersteren verschoben. Am Ende der vorigen Periode betrug die Verhältnisszahl der Wirbelsäule, die Körperhöhe gleich 1000 gesetzt, 368, jetzt beträgt sie nur mehr 300. Anders ausgedrückt lautet dies so: Während die Körperhöhe in der zweiten Wachsthumsperiode um etwa 25 cm zunimmt, wächst die freie Wirbelsäule in derselben Zeit nur um 2 cm, d. h., da das Höhenwachsthum des Kopfes während dieser Zeit auch nur ganz gering ist, der Körper wächst in der zweiten Wachsthumsperiode fast nur durch die Zunahme der unteren Extremitäten in die Höhe. Es würde also diese Zeit, die für die Wirbelsäule die Epoche des geringsten Wachsthums ist, gerade umgekehrt für die untere Extremität gegenüber späteren Zeiten eine Periode sehr gesteigerten Wachsthums sein. Ob dieser Schluss richtig ist, und ob er namentlich auch für die obere Extremität Geltung hat, müssen genaue Messungen dieser Theile während ihrer Entwicklung lehren, die, soweit meine Kenntniss reicht, noch nicht in genügender Menge vorhanden sind, um einen Rückschluss zu ermöglichen. So viel ist jedenfalls sicher, dass während der Zeit vom dritten bis zum sechsten Lebensjahre das Wachsthum der unteren Extremitäten keinen merklichen Rückgang in dem Wachsthumscoëfficienten zeigt, wie sowohl die Zahlen bei Quetelet[4] als auch die Zeichnungen bei Schadow[1] überzeugend lehren. Letztere lassen gleichzeitig dann auch den Effect erkennen, den diese grosse Differenz in der Wachsthumsenergie der unteren Extremität und der Wirbelsäule hervorbringt, nämlich auffallend schlanke Figuren, namentlich im Vergleich zu der vorhergehenden Periode, zum Theil aber auch zu der nachfolgenden.

Die Verhältnisse der einzelnen Abschnitte der Wirbel-

säule untereinander scheinen nach der Tabelle am Schlusse etwas verschoben zu sein und zwar zu Gunsten des Brusttheiles, doch glaube ich nicht, dass auf diese kleinen Differenzen irgend welcher Werth gelegt werden darf, sondern dass sie nur als unvermeidliche Messungsfehler zu betrachten sind. Jedenfalls ist daran festzuhalten, dass die inneren Verhältnisse der Vertikalgliederung der Wirbelsäule in dieser Periode im Grossen und Ganzen noch dieselben sind wie am Ende der vorigen.

Anders dagegen verhält es sich mit dem einzelnen Wirbel. Die meisten Dimensionen erfahren zwar auch bei ihm keine auffallende Veränderung und der Fortgang des Wachsthums ist bedeutend herabgesetzt, doch werden die schon am Ende der vorigen Wachsthumsperiode angedeuteten Formunterschiede weiter fortgebildet und in charakteristischer Weise ausgeprägt.

Die Wirbelkörper haben an Höhe in keinem Abschnitte der Säule messbar zugenommen, was mit der oben angeführten ganz geringen Höhenzunahme der ganzen Säule übereinstimmt. Der sagittale und frontale Durchmesser derselben nimmt annähernd im gleichen Verhältnisse zu, und zwar ist in diesen beiden Dimensionen die Wachsthumsenergie in der Hals- und in der oberen Brustwirbelsäule entschieden stärker als in der unteren Brust- und in der Lendenwirbelsäule. Ferner überwiegt in den oberen Abschnitten der Säule etwas das sagittale, in den unteren das frontale Wachsthum. Am Ende dieser Wachsthumsperiode ist der Frontaldurchmesser der Halswirbel definitiv festgestellt, da die Knorpelfugen zu beiden Seiten des Körpers verschwinden. Um dieselbe Zeit verknöchern auch die Knorpelfugen zwischen Körper und den Bogenelementen an den übrigen Wirbeln „wie es scheint nicht gleichzeitig und an den mittleren Brustwirbeln zuletzt dass von dieser Zeit nur

noch periostales Wachsthum möglich ist. Die typische Gestalt der Wirbelkörper der einzelnen Abschnitte tritt jetzt deutlich hervor, und in der Folge findet ein ziemlich gleichmässiges Wachsthum sämmtlicher Dimensionen des Körpers statt.

Mit dem Verstreichen der Fugen zwischen Körper und Bogenhals erhält natürlich auch das Wirbelloch seine definitive Gestalt. Es zeigt im Durchschnitte dieselben Wachsthumscoëfficienten wie die entsprechenden Dimensionen des Körpers, also am oberen Ende der Säule ein Ueberwiegen des sagittalen, am unteren des frontalen Durchmessers. Wenn jetzt schon, noch mehr aber in der folgenden Periode und im ausgewachsenen Zustande ein Schwanken, namentlich eine Zunahme der Grösse des Wirbelloches bemerkbar ist, so, glaube ich, braucht man doch nicht mit Lieberkühn[24] eine Knochenresorption an der Innenfläche des Wirbelkanals anzunehmen, wie es dieser Forscher auf Grund von Krappfütterungsversuchen an Füchsen thut, sondern es sind dies individuelle Schwankungen, die mit einer grösseren Entwicklung aller Verhältnisse der ganzen Säule Hand in Hand gehen. Die Ursache davon ist vielleicht ein stärkeres Wachsthum in der ersten und in der zweiten Periode, was aber nicht so wahrscheinlich ist wegen der ziemlich übereinstimmenden Zahlen, welche die verschiedenen Forscher für diese Zeiten erhalten haben, oder wahrscheinlich ein verspätetes Verstreichen der Knorpelfugen, wie es Langer annimmt. Die Dimensionen des Wirbellochs werden am Ende der vorliegenden Periode von denen des Wirbelkörpers, mit Ausnahme der Halswirbelsäule übertroffen, zum Theil, wie namentlich die frontalen Masse der Lendenwirbelsäule zeigen, schon ganz bedeutend.

Mit dem Verschwinden der Knorpelfugen erhalten auch die pedunculi crurum ihre endgültige Länge; ebenso und aus demselben Grunde der Abstand der oberen Gelenkfläche

von der oberen Endfläche. Das Zwischenwirbelloch wird, da jetzt die Wurzeln der pedunculi durch Ueberwucherung von Seiten der Zwischenwirbelbänder in den Körper einbezogen werden, verhältnissmässig enger. — Der Abstand der oberen Gelenkflächen hat sich seit Ende der vorigen Periode an der oberen Hälfte der Wirbelsäule noch etwas vergrössert, während er an der unteren ziemlich derselbe geblieben ist.

Das stärkste Wachsthum zeigen auch in dieser Periode wieder der Quer- und der Dornfortsatz, und zwar übertrifft der Querfortsatz sogar den Dornfortsatz mit Ausnahme der unteren Halswirbelsäule, wo das umgekehrte Verhältniss statthat.

Nach den bisherigen Betrachtungen sind demnach die Hauptcharakteristika für das Ende der zweiten Wachsthumsperiode folgende:

1. Stabilisirung und weitere Ausprägung der schon in der vorigen Periode angedeuteten Krümmungen der Wirbelsäule in der Sagittalebene;

2. auffallend geringes Längenwachsthum der ganzen Säule gegenüber dem gleichzeitigen Längenwachsthum des Gesammtkörpers und dem der Säule in der vorigen Periode;

3. Ausbildung der inneren Verhältnisse des einzelnen Wirbels, die sich schon sehr dem erwachsenen Zustande nähern;

4. Abschluss des Wachsthums des Wirbelloches, des frontalen Durchmessers der Halswirbel und der pedunculi crurum.

IV. Die Wirbelsäule zur Zeit der Pubertät und die dritte Wachsthumsperiode.

Eine engere Begrenzung dieser Epoche etwa nach dem Alter oder nach der Körpergrösse habe ich absichtlich ver-

mieden; denn Allen, die sich mit den Verhältnissen des Wachsthums beschäftigt haben, ist es klar, dass dies unmöglich ist, weil eben die Pubertät in ihrem Eintritte so grossen Schwankungen unterworfen ist; und doch bildet gerade sie den Schluss dieser und den Beginn der folgenden Wachsthumsperiode. Denn mit ihrem Eintritt bekommt plötzlich das Wachsthum eine geänderte Richtung; es wird in allen Beziehungen viel intensiver und nähert sich in raschen Schritten der vollen Reife. Daraus folgt aber bestimmt, dass ein richtiges Erkennen der Wachsthumsrichtung und -Stärke zu dieser Zeit nicht sowohl aus der vergleichenden Messung möglichst zahlreicher Individuen zu erwarten ist, als vielmehr aus der fortlaufenden, über mehrere Jahre sich erstreckenden Beobachtung derselben Individuen. Dass mir dieses bei der kurzen Zeit, die mir zu dieser Arbeit zu Gebote stand, nicht möglich war, ist selbstverständlich. Um aber doch zur vergleichenden Betrachtung eine positive Grundlage zu haben, wähle ich, dem mir zur Verfügung stehenden Materiale entsprechend, die Masse des 14. und 15. Jahres als Grenze zwischen der vorliegenden und der folgenden Periode und werde nachstehend die Wirbelsäule dieses Alters und im Anschlusse daran ihre Veränderungen seit dem sechsten Jahre schildern.

Als wichtigster Unterschied gegenüber der vorigen Periode tritt uns bei der gegenwärtigen ein in jeder Beziehung wieder gesteigertes Wachsthum entgegen, wenn es auch noch nicht die Stärke erreicht wie in der folgenden Epoche. Der gesammte Körper und die freie Wirbelsäule wachsen während dieser Zeit ziemlich in demselben Verhältnisse weiter, das sie am Ende der vorigen Periode erreicht hatten, was schon durch ihre Wachsthumscoëfficienten für die Wirbelsäule 1,35, für die Körperlänge 1,39 bewiesen wird. Etwas wird allerdings auch jetzt noch das Verhältniss zu Ungunsten der

Wirbelsäule verschoben, so dass am Ende dieser Zeit die Proportion zwischen ihr und der Körperlänge 281 : 1000 lautet, der niedrigste Werth, der im Laufe des Wachsthums von der Wirbelsäule überhaupt erreicht wird. Wie wir sehen werden, wird in der nächsten Epoche dieses Missverhältniss rasch wieder ausgeglichen, so dass sich das endgültige Verhältniss fast so wie das am Ende der ersten Wachsthumsperiode gestaltet. Es überwiegen also auch noch in dieser Epoche in der Längsgliederung des Körpers die unteren Extremitäten. Dass dabei auch für die äussere Betrachtung des Körpers keine schöne Proportion herauskommt, wurde schon im vorigen Abschnitte genügend hervorgehoben und sind ja auch die auffallend langen Beine (und Arme) der heranwachsenden Knaben und Mädchen schon von jeher volksthümlich bekannt.

Die Verhältnisse der einzelnen Theile der Wirbelsäule zu einander und zu der ganzen Länge derselben gleichen jetzt für den Hals- und Brusttheil schon ganz denen des Erwachsenen, während für den Lendentheil noch ein bedeutender Zuwachs für die nächste Periode aufgespart bleibt. Der Halstheil beträgt jetzt ziemlich genau ein Fünftel der ganzen Länge der Säule, der Brusttheil die Hälfte, während der Lendentheil sein endgültiges Mass von einem Drittel noch nicht erreicht hat.

Dies sind im Allgemeinen die Verhältnisse, wie sie sich zu Ende der Periode, direct vor dem Eintritt der Pubertät herausgebildet haben. Wie aber die Entwicklung im Einzelnen während dieser Zeit vor sich geht, ist gegenwärtig noch sehr schwierig zu überschauen. Wahrscheinlich ist auch hier die Ausbildung keine gleichmässige und stetige, sondern es tritt bald dieser, bald jener Theil in den Vordergrund des Wachsthums, wie wir es für den engeren Raum der vorigen Periode erkannt haben, die durch das Wachs-

thum der unteren Extremität beherrscht wird. Dafür spricht auch die in der Tabelle aufgeführte neunjährige Wirbelsäule. Dieselbe übertrifft an Länge sogar etwas die elfjährige und würde auf die mittlere Körperlänge des neunten Jahres berechnet ein Verhältniss ergeben, wie wir es erst bei Erwachsenen antreffen. Das für diese Periode richtige Verhältniss würde sich herausstellen bei einer dazu gehörigen Körperlänge von etwas über 140 cm. Nun stammt aber diese Wirbelsäule von einem, den Knochen nach zu beurtheilen, ziemlich schlank aufgeschossenen Mädchen. Und dass eine Grösse von 140 cm und darüber auch in Wirklichkeit in diesem Alter schon vorkommt, beweisen die interessanten Tabellen von Roberts.[15] Ich glaube daher, dass in diesem Falle ausnahmsweise das Wachsthum in der ersten Hälfte der Periode übermässig rasch fortgeschritten ist, so dass schon im neunten Jahre Verhältnisse erreicht wurden, die erst im dreizehnten bis vierzehnten Jahre die Norm sind, wofür auch die ganze innere Gliederung dieser Wirbelsäule spricht. Es folgt aber daraus noch nicht, dass dann das Wachsthum in gleichem Masse weiter gegangen wäre; ja es ist dies nicht einmal wahrscheinlich, weil im erwachsenen Zustand nur wenige Menschen die Grenzen der Mittelwerthe überschreiten (und dann auch nur in Folge der Länge der unteren Extremitäten), so dass für gewöhnlich bei einer von 164—176 cm schwankenden Körperlänge die Verhältnisszahl für die Wirbelsäule nur um $^{2}/_{100}$ differirt.

Die Dimensionen des Wirbelkörpers weisen in dieser Periode einen grösseren Wachsthumscoëfficienten auf als in der vorigen, namentlich in der zweiten Hälfte derselben, während in der ersten nur die Lendenwirbelkörper etwas regeres Wachsthum zeigen. Und zwar ist es die Höhe, welche an allen Wirbeln am stärksten zunimmt. Die frontale Dimension zeigt an den Halswirbelkörpern während

dieser ganzen Zeit kaum eine Veränderung. Dies rührt daher, dass bei der Verknöcherung die Knorpelfugen an den Halswirbeln nicht wie bei den Brustwirbeln allmählich in die frontale Ebene gerückt, sondern wie der Geburt sagittal stehen geblieben sind. Dadurch bleibt der Halswirbelkörper zwischen den Bogenelementen eingekeilt, die natürlich ein Ausdehnen des Körpers in frontaler Richtung unmöglich machen. Wenn sie sich dennoch in der Folge etwas zu verbreitern scheinen, so rührt dies nach Langer[11] daher, dass die seitlichen leistenförmigen Aufsätze, zwischen denen dieses Mass genommen ist, etwas nach oben divergiren. Ich glaube, dass nicht einmal dieses constant vorkommt, sondern mehr eine individuelle Schwankung bedeutet. Jedenfalls lässt sich an der unteren Fläche des Körpers keine Zunahme des frontalen Durchmessers mehr constatiren. Der sagittale Durchmesser zeigt dagegen im Allgemeinen noch ein ziemliches Wachsthumsmass während dieser Periode, wenn er auch schon ausnahmsweise durch stärkeres Wachsthum in der vorigen Periode am Ende derselben die gleiche Grösse wie zur Zeit der Pubertät erreichen kann und eine solche Ausdehnung wie die sagittale Weite des Wirbelloches überhaupt nie erhält. — Der obere Theil der Brustwirbelsäule zeigt an den Wirbelkörpern in allen drei Dimensionen dasselbe Wachsthumsmass, und zwar stimmen die Coëfficienten ziemlich mit denen der Längenzunahme des ganzen Körpers überein. Dasselbe gilt für die unteren Brustwirbel, doch ist hier im Allgemeinen die Wachsthumsintensität etwas stärker. In dieser Beziehung schliessen sich die Lendenwirbelkörper an, doch scheint hier das Breitenwachsthum zu überwiegen, wodurch sich breite Tragflächen bilden. Etwas Bestimmtes kann ich allerdings nicht aussagen, da gerade in der Lendenwirbelsäule ziemliche Differenzen der Masse angetroffen werden.

Ueber das Wirbelloch ist nur wenig zu bemerken. Es bietet während der ganzen Periode kaum eine Veränderung seiner Masse, was ja auch nach dem im vorigen Abschnitte über die Verknöcherung der Knorpelfugen Gesagten von vornherein zu erwarten war.

Mit dem Abschluss des Wachsthums des Wirbellochs können natürlich auch die Theile, die dasselbe umgeben, kein Längenwachsthum mehr zeigen. Dies gilt speciell für den Bogenstiel und das Zwischenwirbelloch. In dieser Beziehung verhalten sich aber die Halswirbelsäule einerseits und die Brust- und Lendenwirbelsäule andererseits verschieden. In den beiden letzten Abschnitten erreichen die scheinbaren Bogenstiele, die auch die incisura intervertebralis bilden, am Ende der zweiten Wachsthumsperiode ihr Maximum, in der Halswirbelsäule dagegen schon in der ersten Periode. Hier ist das Mass derselben von dem Abstand der seitlichen Leisten am Körper von den oberen Gelenkflächen gegeben. Da aber an den Halswirbeln die Knorpelfugen immer in sagittaler Ebene stehen bleiben und schon sehr früh verknöchern, so kann von da ab das Zwischenwirbelloch nur noch vertieft, nicht mehr aber verbreitert werden. Umgekehrt wird es aber auch nicht verkleinert, wie wir dies sogleich für die unteren Abschnitte der Wirbelsäule kennen lernen werden. Denn an den Halswirbeln bleiben die Knochenleisten zu Seiten des oberen Randes des Wirbelkörpers zeitlebens bestehen und werden nicht von den Zwischenwirbelscheiben überwuchert. Hier dagegen, in der Brust- und Lendenwirbelsäule, bieten die Bogenhälse die eigenthümliche Erscheinung, dass sie und mit ihnen das Zwischenwirbelloch in der dritten Wachsthumsperiode verkürzt werden. Der Grund davon liegt darin, dass vom Ende der vorigen Periode ab der Ursprung der Bogenstiele allmählich in den Wirbelkörper aufgenommen wird, indem nämlich die

Zwischenwirbelscheibe allmählich die jetzt verknöcherte Trennungslinie zwischen Körper und Bogen überwuchert. Wie weit dies vor sich geht, lässt sich oft noch am ausgewachsenen Wirbel erkennen, da man gar nicht selten die frühere Grenze zwischen Körper und Bogen noch durch eine Furche angedeutet findet.

Die Bogenstiele stehen jetzt an den Brust- und Lendenwirbeln parallel, was einmal durch das eben erwähnte Aufgehen ihrer Wurzeln in dem Körper, hauptsächlich aber durch die veränderte Stellung der Knorpelfugen herbeigeführt worden ist. Auf letzteren Punkt hat zuerst C. Hüter[19] aufmerksam gemacht. Im Laufe der Entwickelung ändert nämlich diese Fuge ihre Stellung. Der nach vorn offene Winkel, den wie oben angegeben diese Fugen beim Neugebornen bilden, öffnet sich allmählich immer mehr, bis er zur Zeit der Verknöcherung an den mittleren Brustwirbeln fast 180° beträgt. In Folge davon ändern natürlich auch die Pedunculi ihre Stellung, und sie, die beim Neugebornen einen nach hinten offenen Winkel bilden, stehen jetzt ziemlich parallel.

Da aber mit den Bogenstielen die Querfortsätze von vornherein knöchern verbunden sind, so müssen auch sie eine entsprechende Lageveränderung vornehmen; deshalb stehen sie jetzt nicht mehr quer, sondern bilden einen nach hinten offenen Winkel. Sie zeigen in den oberen Theilen der Wirbelsäule noch eine ziemliche Wachsthumszunahme und behalten während dieser ganzen Periode ein Knorpelende, während sie am Schlusse derselben vorübergehend kleine abschliessende Epiphysenknöpfe erhalten (Henke[14]).

Dasselbe gilt für den Wirbeldorn. Dieser zeigt auch in der gegenwärtigen Periode die grösste Zunahme und zwar namentlich in der zweiten Hälfte derselben vom 11. Jahre ab eine geringere in der ersten.

Eine scheinbare Ausnahme von dem vorhin ausgesprochenen Satze, dass die Theile, welche das Wirbelloch umgeben, keine Wachsthumszunahme mehr aufweisen könnten, bilden die oberen Gelenkflächen, deren Abstand sich nach den Tabellen sowohl in der vorliegenden als auch in der folgenden Periode noch vergrössert. Doch rührt dies nur von der Art des Messens her. In den Tabellen ist nämlich die Entfernung der Mittelpunkte der oberen Gelenkflächen angegeben, und diese nimmt allerdings noch zu, aber nur dadurch, dass die Gelenkflächen in die Breite wachsen. Der Abstand ihrer medialen Ränder vergrössert sich nicht mehr, wie Messungen leicht nachweisen.

Diese ganze Periode zeichnet sich gegenüber der vorhergehenden durch stärkeres Wachsthum aus. Soweit sich die Verhältnisse bis jetzt überblicken lassen, scheinen sich dabei zwei Abschnitte ziemlich deutlich von einander abzuheben. Die Grenze zwischen beiden würde zwischen dem 9. und 11. Jahre liegen. Der erstere, länger dauernde, schliesst sich in seinem ganzen Verhalten mehr an die vorhergehende, durch auffallend geringes Wachsthum ausgezeichnete Epoche an, der zweite dagegen leitet mit seiner stärkeren Wachsthumsenergie schon in die folgende Periode über. Ein ähnliches Gesetz scheint für den ganzen Körper zu gelten. Schadow[1] bemerkt nämlich: „Vom 6. bis 10. Jahre tritt eine Zögerung im Wachsthum ein, wogegen mit dem 12. Jahre eine desto grössere Ausdehnung beginnt," und Freund[25]: „Unmittelbar vor der Pubertätsentwickelung nimmt die allgemeine Körpergrösse rapide zu." Dieser giebt auch die Folge, oder vielleicht richtiger die Ursache dazu an, indem er sagt: „In dieser kritischen Zeit werden die Grundlinien zu dem späteren bleibenden Charakterbilde des Individuums gezogen." Denselben Grund, nämlich die Entwickelung der Individualität, führt auch schon Langer

an. In dieser Zeit, etwa dem 11. Jahre, sind die inneren Proportionen, namentlich aber jene der Höhengliederung nicht mehr viel verschieden von denen des Erwachsenen, obwohl ja die volle Entwickelung noch lange nicht erreicht ist. Wie sich aber der weitere Fortgang der Proportionen von dieser Zeit ab gestaltet, ist bis jetzt leider noch nicht einmal für die der äusseren Untersuchung zugänglichen Verhältnisse festgestellt. Es ist ja möglich, dass sich von nun ab die einmal gewonnenen Proportionen gleichmässig weiter entfalten. Es scheint aber doch wahrscheinlicher, dass wie in den früheren Perioden bald der Rumpf, bald die Extremitäten überwiegen, bis mit dem Ende der Entwickelung die schliesslichen Proportionen erreicht werden. Dass darüber nur fortgesetzte Messungen an denselben Individuen aufklären können, wurde schon des öfteren hervorgehoben. Hieraus wird aber auch ersichtlich, dass für den uns eben vorliegenden Theil des Körpers, der doch wirklich nutzbringend nur im Vergleich mit dem ganzen übrigen Körper betrachtet werden kann, die richtige Würdigung dieser Wachsthumsperiode so schwierig ist.

Sollen wir auch am Ende dieses Abschnittes die wichtigsten Merkmale hervorheben, so sind dies folgende:

1. stärkeres Wachsthum der Säule als in der vorigen Periode, das mit dem des ganzen Körpers ziemlich gleichen Schritt hält;

2. Erreichen der definitiven Längsproportionen der Hals- und Brustwirbelsäule, während die Lendenwirbelsäule noch zu kurz ist;

3. Ueberwiegendes Wachsthum am Wirbelkörper;

4. keine Veränderung am Wirbelloch;

5. Verengerung des Zwischenwirbelloches und Verkürzung der pedunculi crurum an den Brust- und Lenden-

wirbeln in Folge Ueberwucherung von Seiten der ligg. intervertebr.;

6. parallelstehende pedunculi crurum und schräg nach hinten schauende Querfortsätze an den Brust- und Lendenwirbeln.

V. Die ausgewachsene Wirbelsäule und die letzte Wachsthumsperiode.

Am Ende dieser Periode zeigt die Wirbelsäule alle Merkmale der vollen Entwicklung, die ich natürlich hier nicht zu schildern habe, da sie genugsam bekannt sind. Nur die Ereignisse, durch welche diese Form während der letzten Entwicklungsperiode vollends zu Stande kommt, will ich festzustellen versuchen. Im Allgemeinen ist die volle Entwicklung der Wirbelsäule mit dem 20. Jahre erreicht, jedenfalls sind die Veränderungen, welche dann noch eintreten, nur ganz gering und unwichtig.

Nach den übereinstimmenden Messungen von Weber,[22] Langer[11] und Ravenel,[13] zu denen auch die meinen ganz gut passen, beträgt die Länge der freien Wirbelsäule im Zustande der vollen Entwicklung 58,5 bis 59,5 cm im Mittel also 59 cm gegenüber von 45,5 cm am Ende der vorigen Periode, was einem Wachsthumscoëfficienten von 1,29 entspricht. Die Körperlänge ist während derselben Zeit von 163 cm nur auf 170 bis 172 cm gestiegen, zeigt also ein Wachsthumscoëfficienten von nur 1,04 bis 1,05; es scheint sich demnach die am Schlusse des vorigen Abschnittes ausgesprochene Vermuthung zu bestätigen, dass nämlich auch von der Pubertät ab die Höhenproportionen nicht in gleichem Masse zu jeder Zeit bis zur vollen Entwicklung weiter wachsen. Aus den angegebenen Zahlen folgt, dass zuerst

kurz vor Eintritt der Pubertät und in der ersten Zeit der Pubertät selbst die Höhe durch das Wachsthum der unteren Extremität zunimmt. In dem weiteren Verlaufe der Pubertät bis zur vollen Entwicklung steigert sich aber dann die Wachsthumsgrösse der Wirbelsäule im Verhältniss zu der der unteren Extremität, ja übertrifft sogar die des Gesammtkörpers. Daraus folgt aber, dass in der letzten Wachsthumsperiode die untere Extremität bedeutend langsamer wachsen muss als in der vorigen, d. h. dass sich die Wirbelsäule wieder mehr an dem Längenwachsthum des Körpers betheiligt.

Das Wachsthum erstreckt sich aber während dieser Periode nicht auf alle drei Abschnitte der Wirbelsäule gleichmässig. Wie ich bereits vorhin nachwies, sind die bleibenden Proportionen der Hals- und Brustwirbelsäule bereits am Ende der vorigen Epoche erreicht. Diese wachsen daher jetzt symmetrisch weiter, anders dagegen verhält es sich mit dem Lendentheil. Derselbe zeigt ein bedeutend stärkeres Wachsthum als vorher, sein Coëfficient beträgt 1,42, übertrifft also sowohl den des gesammten Körpers als auch den der beiden anderen Abschnitte der Wirbelsäule. Der absolute Zuwachs beträgt etwa 6—7 cm, so dass also die Lendenwirbelsäule bis zur Vollendung der Reife noch ungefähr um die Hälfte länger wird, als sie es zur Zeit der Pubertät war. Wenn trotz dieses auffallenden Längenwachsthums der Lendenwirbelsäule die äusseren Proportionen des Rumpfes doch nicht mehr wesentlich geändert werden, so rührt dies daher, dass der grösste Theil dieses Zuwachses zur Verstärkung der Lendenkrümmung benutzt wird.

Die Wirbelsäule als Ganzes zeigt jetzt deutlich die in allen Theilen nach oben verjüngte Gestalt, wozu noch wesentlich das Wachsthum während der vorliegenden Periode beiträgt, indem dasselbe vorwiegend die Höhe betrifft und

zwar an den unteren Abschnitten mehr als an den oberen, während die horizontalen Masse an den oberen Abschnitten überhaupt nicht mehr zunehmen, an den unteren dagegen auch noch einen ziemlichen Zuwachs aufweisen.

Die Krümmungen der Sagittalebene sind wohl gegenüber dem Ende der vorigen Wachsthumsperiode, ausgenommen die ebenerwähnte Lendenkrümmung, kaum verstärkt, dagegen sind sie im Vergleich zu der vorigen Epoche noch bedeutend consolidirt, so dass jetzt auch die beweglichste derselben, die Lendenkrümmung selbst, bei Rückenlage der Leiche gut erhalten bleibt, während sie allerdings bei den verschiedenen Gleichgewichtslagen des Körpers, namentlich beim Gehen, Stehen, und der Belastung desselben noch bedeutend verstärkt werden kann. Wenn trotzdem die Beweglichkeit der Wirbelsäule recht bedeutend erscheint, so muss man sich daran erinnern, dass dieselbe durch die gleichsinnigen Bewegungen in Kopf- und Hüftgelenk einen recht beträchtlichen Zuwachs erfährt. Dies gilt schon für die ausgiebigste Form der Eigenbewegungen der Wirbelsäule, die Vor- und Rückwärtsbeugung, trifft aber noch viel mehr für die Seitwärtsbeugung und die Torsionsbewegungen zu. (W. Adams[26].)

Ich will hier nicht weiter auf die Wirbelsäulenkrümmungen eingehen, da die Beschaffenheit des mir zu Gebote stehenden Materials ein weiteres Verfolgen dieser Frage nicht erlaubte, die übrigens auch schon vielfach behandelt ist und deren Hauptfaktoren genügend ermittelt sind. Nur möchte ich darauf hinweisen, dass bei solchen Untersuchungen immer als oberstes Gesetz festgehalten werden muss, dass die jeweilige Krümmung der Wirbelsäule immer eine solche ist, die bei möglichst geringer Inanspruchnahme der Muskelkräfte die Last des Kopfes und des Rumpfes so auf die Unterstützungsfläche überträgt, dass dabei eine möglichst

grosse Beweglichkeit und Festigkeit erzielt wird. Nur auf einen Punkt will ich hier noch kurz zurückkommen, wie nämlich die normalen Krümmungen stabil werden, so dass sie auch in der Rückenlage, wo doch die Last der darüber liegenden Theile aufgehoben ist, erhalten bleiben. Für die Hals- und Lendenwirbelsäule, ausgenommen die beiden letzten Lendenwirbelkörper, die vorn höher sind als hinten, steht es ja wohl fest, dass die Krümmung durch die Gestalt der ligg. intervertebr. und die Anordnung der Bänder bedingt ist. In Betreff der Brustwirbelsäule wird jedoch bald angegeben, dass sie durch die Gestalt der Wirbel allein, bald dass sie nur durch die Bandscheiben erzeugt werde. Auch ich habe bei meinen Messungen der erwachsenen Wirbelsäulen darauf geachtet und gefunden, dass die einzelnen Brustwirbelkörper bald vorn, bald hinten etwas höher sind, wie man ja auch beim erwachsenen Wirbel fast nie vollkommene seitliche Symmetrie findet, dass aber, wenn man alle Wirbel zusammennimmt, die Höhe vorn etwas geringer ist als hinten. Es ist daraus zu schliessen, dass die Brustkrümmung sowohl durch die Gestalt der Bandscheiben als auch der Wirbelkörper bedingt ist. Ihre Stabilität erhält sie dann aber namentlich durch die feste Zusammenfügung mit den übrigen Bestandtheilen des Thorax, und als letzte Ursache ihrer Entstehung mag man wohl mit C. Hüter[19] das Wachsthum der Rippen verantwortlich machen.

Wie die ganze Wirbelsäule, so zeigt auch der einzelne Wirbel noch ein ansehnliches Wachsthum in dieser Periode und zwar in allen Dimensionen, mit Ausnahme derer, die das Wirbelloch betreffen. Am meisten und an allen Wirbelkörpern nimmt die Höhe zu und zwar an den unteren Wirbeln wieder mehr als den oberen. Gegenüber den früheren Perioden dürfte dieses Höhenwachsthum als ein gesteigertes zu definiren sein. Auf die einzelnen Abschnitte vertheilt es sich so,

dass das Höhenwachsthum der Halswirbelkörper etwas herabgesetzt, das der Brustwirbelkörper gleichbleibend, dass der Lendenwirbelkörper erhöht erscheint gegenüber der vorigen Periode. Auch die Dimension der Front zeigt im unteren Abschnitte der Wirbelsäule einen beträchtlicheren Zuwachs als oben; gar nicht mehr vergrössert sie sich, wie schon angegeben, an der Halswirbelsäule. Das Wachsthum dieser Dimensionen geht also in derselben Weise vor sich wie im vorigen Abschnitte; der sagittale Durchmesser zeigt ganz dasselbe Verhalten wie der transversale; auch in Bezug auf sein Verhältniss zur vorigen Wachthumsperiode gilt das eben Gesagte, aber keiner von beiden, weder der sagittale noch der frontale, zeigen dieselbe Zunahme wie die Höhe. Gerade dadurch wird aber die erwähnte schlanke, nach oben verjüngte Gestalt der erwachsenen Wirbelsäule erreicht.

Ueber das Wirbelloch gilt das im vorigen Abschnitte Gesagte. Durch den Stillstand im Wachsthum des Wirbelloches wird erreicht, dass im vollentwickelten Zustande schon in der oberen Brustwirbelsäule der Wirbelkörper dieselben Dimensionen aufweist, wie das Wirbelloch, in der Lendenwirbelsäule sie dagegen um das Doppelte übertrifft; in der Halswirbelsäule dagegen ist auch zur Zeit der vollen Reife die Differenz zwischen den horizontalen Massen des Wirbelloches und des Wirbelkörpers nur sehr wenig verändert gegenüber dem Neugeborenen; hier bleibt zeitlebens das Wirbelloch grösser als der Wirbelkörper.

Mit dem Wirbelloche bleiben auch die dasselbe umgebenden Theile im Wachsthume stehen, wie man dies namentlich deutlich an den pedunculi crurum sieht. Ihr Mass zeigt im Gegentheil einen wirklichen Rückgang, eben weil ein Theil der Bogenstiele integrirender Bestandtheil des Körpers geworden ist.

Auch für den Abstand der oberen Gelenkflächen zeigt sich in dieser Periode ein Fortgang der in der vorigen eingeleiteten Verhältnisse. Sie werden breiter, und dadurch scheint ihr Mass sich zu vergrössern, während sich in Wirklichkeit ihre medialen Ränder in gleichem Abstande erhalten.

Doch ist dies nur für die obere Hälfte der Wirbelsäule deutlich. In der unteren scheint gegenüber der vorausgehenden Epoche eine Aenderung kaum mehr vorzukommen.

Sehr energisch wachsen wie überhaupt während der ganzen Entwicklung so auch in dieser Periode die Muskelfortsätze. Doch übertreffen sie die Wachsthumsenergie der Wirbelkörperhöhe nicht mehr, ja werden in der Halswirbelsäule von dieser überholt; an Brust- und Lendenwirbelsäule wachsen Quer- und Dornfortsatz in demselben Masse wie der Höhendurchmesser des Körpers. Sie zeigen die grössten individuellen Schwankungen.

Am Ende dieser Perioden verknöchern die letzten Epiphysen an den verschiedenen Wirbeln (wahrscheinlich auch nicht alle zu gleicher Zeit). Diese sind: a) eine obere und untere Epiphyse an jedem Wirbelkörper, den Atlas ausgenommen; b) eine Epiphyse an den Spitzen der Dornfortsätze, die demnach an den Halswirbeln doppelt ist; c) eine Epiphyse an den oberen Gelenkhöckern, die wenigstens an den Lendenwirbeln auftritt; d) Epiphysen an den Rippeneinlenkungen. (Rambaud et Renault.[27])

In Bezug auf den Einfluss, den die endgültige Gestalt der Wirbelsäule auf die Proportion des Körpers ausübt, ergiebt sich Folgendes: Der Hals zeigt ziemlich dieselbe Längsproportion wie in den früheren Perioden, ja wie beim Neugeborenen; dies erscheint auf den ersten Blick auffallend, da ja gerade die Halswirbelsäule ein bedeutend geringeres Wachsthumsmass

erreicht als das des ganzen Körpers; der scheinbare Widerspruch erklärt sich aber leicht und ungezwungen durch das Verhalten der oberen Thoraxapertur, die sich im Laufe der Entwicklung senkt, worauf auch bereits Hüter[19] hingewiesen hat. Dadurch erscheint der Hals verlängert, weil sein äusseres Mass von einem Theile der vorderen Brustwand, der incisura semilunaris des Brustbeins, aus genommen wird.

Der Rumpf gehört jetzt vollständig der oberen Körperhälfte an, er zeigt entsprechend dem verstärkten Wachsthum der Wirbelsäule in dieser Periode ebenfalls einigen Zuwachs seiner Höhendimensionen, wenn auch ziemlich geringer als die Wirbelsäule (346: 1000 zur Zeit der Pubertät, 350: 1000 im erwachsenen Zustande, genau dasselbe Verhältniss wie im elften Jahre, Quetelet[4]), woraus ebenfalls hervorgeht, dass der Zuwachs der Wirbelsäule hauptsächlich zum Ausbau der Krümmungen benützt wird. Die drei Hauptabschnitte des Rumpfes, Brust, von incisura semilunaris sterni bis zum Rippenwinkel, Oberbauch, von da zum Nabel und Unterbauch, vom Nabel bis zur Symphyse, sind jetzt im Allgemeinen gleich, allerdings mit sehr vielen Schwankungen, die hauptsächlich vom Bau des Thorax abhängen.

Als Hauptmerkmale der letzten Wachsthumsperiode ergeben sich also folgende:

1. stärkeres Wachsthum der Wirbelsäule als der unteren Extremität;

2. bedeutend stärkeres Wachsthum der Lendenwirbelsäule als der beiden übrigen Abschnitte;

3. energisches Wachsthum aller Dimensionen des einzelnen Wirbels mit Ausnahme der des Wirbelloches, aber in der in der vorigen Periode vorgezeichneten Richtung.

4. stärkere Ausprägung und Stabilisirung der Krümmungen der ganzen Säule.

Nachdem wir nunmehr die Wirbelsäule auf ihrem Entwickelungsgange von der Geburt bis zur vollen Reife verfolgt haben, diesen Gang aber, um ein leichteres Eindringen in die verschiedenen Formen und Phasen der Veränderung zu ermöglichen, in mehrere Abschnitte zerlegt haben, glaube ich, wird es am Schlusse nicht unangebracht sein, wenn ich die Grundzüge der Entwicklung der Wirbelsäule hier noch einmal kurz zusammenstelle. Denn wenn auch zu einer eingehenden Betrachtung die Aufstellung mehrerer Wachsthumsperioden nöthig erschien, so darf man doch nie vergessen, dass diese Eintheilung nicht durch natürliche scharfe Grenzen vorgezeichnet ist, sondern mehr weniger willkürlich immer einen Zeitraum umfasst, in dem das Wachsthum durch besondere Richtungen, die es einschlägt, ausgezeichnet ist. In Wirklichkeit ist die Entwicklung eine stetige, nie völlig ruhende oder in Extremen sich bewegende, und die einzelnen Perioden führen ganz allmählich in einander über, um nur auf der Höhe derselben das Vorherrschen der jeweilig charakteristischen Wachsthumsrichtung zu zeigen.

Der Hauptunterschied zwischen der neugebornen Wirbelsäule und der entwickelten beruht einmal auf dem Fehlen jeglicher Biegung in der Sagittalebene und in der Gleichförmigkeit der Länge der ganzen Wirbelsäule bei der Geburt. Von den späteren normalen Krümmungen entwickelt sich zuerst die Brustkrümmung in Folge des eigenthümlichen Wachsthums des Thorax, namentlich der Rippenknorpel (Hüter[19]). Die Hals- und Lendenkrümmung kann man als compensatorische Krümmungen betrachten, durch welche, wie durch „elastische Federn“ (H. Meyer[10]), die Last des Kopfes und des Rumpfes getragen wird. Die Halskrümmung ist schon bei der Geburt vorhanden und wird während der Entwicklung kaum stark geändert. Die Lendenkrümmung

tritt erst in Folge der Geh- und Stehversuche des Kindes ein, ist sehr beweglich und kann bis zur Pubertät in der Rückenlage vollständig aufgehoben werden. Erst von da ab consolidirt sie sich mehr und mehr, ohne jedoch jemals die Festigkeit der beiden darüber liegenden Krümmungen zu erreichen. Alle Krümmungen sind hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich durch die Form der Zwischenwirbelscheiben und die Anordnung der Bänder verursacht. Die definitive, normale Form wird wesentlich durch das Wachsthum der letzten Periode erreicht, wo die gesammte Wirbelsäule an ihrer Vorderseite, den Biegungen folgend, gemessen noch um mehr als ein Viertel ihrer bisherigen Länge zunimmt, der Rumpf aber nur um ein ganz Geringes höher wird. Daraus folgt, dass fast der ganze Zuwachs der letzten Periode zur Verstärkung der Krümmung benutzt wird. Der wesentliche Grund dieser Gestaltsveränderung ist die Schwere.

Aber noch in einer anderen Weise verändert die Wirbelsäule im Fortgange der Entwicklung ihre Gestalt. Die neugeborne Wirbelsäule erscheint ungegliedert, fast plump, weil sie oben und unten fast gleich ist und die Unterschiede der einzelnen Abtheilungen noch nicht hervortreten.

Der Wachsthumscoëfficient für die ganze Wirbelsäule von der Geburt bis zur vollkommenen Entwicklung beträgt 3,00, für den ganzen Körper in derselben Zeit 3,24; demnach wächst die Wirbelsäule in geringerem Masse als der ganze Körper. Dieses eben angegebene Verhältniss gilt aber weder für die ganze Zeit der Entwicklung noch für alle einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule in gleicher Weise. Denn es giebt eine Zeit, die zweite und den Anfang der dritten Periode, wo das Wachsthum der Wirbelsäule viel geringer ist, als dem angegebenen Verhältnisse entspricht. In der letzten Entwickelungsperiode dagegen übertrifft das Wachsthum der Wirbelsäule das des ganzen Körpers, kommt

aber aus den angeführten Gründen nicht weiter zur Geltung, als dass es zum Theil dazu beiträgt, dass Rumpf und Extremitäten wieder in normale Verhältnisse kommen.

Von den einzelnen Abschnitten der Wirbelsäule zeigt nur der Brusttheil ziemlich das gleiche Wachsthum wie die ganze Säule und erhält sich dadurch auch auf seinem relativen Masse von etwa 480 : 1000; der Halstheil dagegen zeigt geringere Wachsthumsenergie, und seine relative Grösse, die beim Neugebornen $^1/_4$ der Wirbelsäulenlänge beträgt, sinkt beim Erwachsenen auf $^1/_5$. Der Lendentheil zeigt das stärkste Wachsthum und vergrössert sich hauptsächlich auf Kosten des Halstheiles von $^1/_4$ der ganzen Länge beim Neugebornen auf nahezu $^1/_3$ beim Erwachsenen.

Werden schon durch dieses ungleiche Wachsthum der einzelnen Abschnitte die inneren Proportionen der Wirbelsäule verschoben (was übrigens ganz allmählich und gleichmässig vor sich geht), so werden auch die einzelnen Abtheilungen immer kenntlicher durch Entwicklung der für sie charakteristischen Merkmale, wie sie uns vorzüglich an den Wirbelkörpern entgegentreten. Und diese entwickeln sich allerdings weder alle ganz gleichzeitig noch gleichmässig. Hier trägt die erste und die letzte Periode das meiste bei. Ueber die Höhendimensionen gilt natürlich das soeben vom Gesammthöhenwachsthum der Säule Gesagte. Vom sagittalen Durchmesser gilt im Allgemeinen dasselbe wie von der Höhe, beide erfahren demnach in der letzten Periode eine geringe Steigerung. Unser ganz besonderes Interesse beansprucht aber das frontale Wachsthum, da namentlich durch dieses die Formverschiedenheit der einzelnen Wirbelkörper zu Stande kommt. Dieses Wachsthum geschieht vorzugsweise von den Knorpelfugen aus, die zwischen den unpaaren mittleren und die seitlichen Knochenkerne des Wirbels eingeschoben sind. In der Halswirbelsäule stehen diese quer und behalten auch

diese Stellung bis zu ihrer Verknöcherung bei, die übrigens gerade hier am frühesten eintritt. Es können von diesen Knorpelfugen aus also einerseits die Halswirbelkörper nur in die Quere wachsen, und so entsteht ihre querovale Gestalt, andererseits muss mit dem Verstreichen der Knorpelfugen das frontale Wachsthum aufhören, da ja der Körper jetzt von den Querfortsätzen umfasst wird; so entsteht bei noch weiterschreitendem Dicken- und Höhenwachsthum die schlanke Form des Halswirbelkörpers (vgl. dazu Tabelle IV). Ganz anders schreitet das Wachsthum der mittleren Brustwirbel fort. Hier lehrt ein Blick auf die Tabelle VI sofort, dass das bestimmende Element das sagittale Wachsthum ist. Dies kommt in folgender Weise zu Stande. Hier bilden, wie im ersten Abschnitte ausführlicher geschildert ist, die beiden Knorpelfugen bei der Geburt einen nach hinten offenen Winkel von ungefähr 90°, so dass von Anfang an das Wachsthum an dieser Stelle in gleicher Weise dem sagittalen wie dem frontalen Durchmesser zu Gute kommt. Weiterhin aber ändert die Knorpelfuge ihre Stellung in der Art, dass sie mehr in die frontale Ebene rückt, so dass kurz vor ihrer Verknöcherung fast alles Wachsthum im Sinne des sagittalen Durchmessers ausfällt. Dadurch ergiebt sich zu dieser Zeit ein Ueberwiegen des sagittalen Durchmessers stärker als beim vollständig ausgebildeten Wirbel; die Norm wird in der Folge, namentlich in der letzten Periode dadurch hergestellt, dass jetzt ein periostales Wachsthum des Körpers eintritt, das in horizontaler Richtung mehr ansetzt als in sagittaler (weil in sagittaler Richtung der Wirbelkörper nur nach vorn, nicht aber nach hinten, nach dem Wirbelloch zu, in horizontaler aber nach beiden Seiten wächst). Sehr interessant sind die oberen Brustwirbel (Tabelle V), die den Uebergang zwischen den zwei soeben beschriebenen Typen bilden, doch ist ihr Entwickelungsgang so klar, dass eine

weitere Beschreibung unnöthig ist. Die unteren Brustwirbel leiten zu der nunmehr zu betrachtenden Form der Lendenwirbel über.

Diese sind beherrscht durch das Wachsthum der Höhe und der Front. In der ersten Periode vergrössern sich diese beiden Dimensionen gleichmässig, später aber, namentlich vom 11. Jahre ab, überwiegt das frontale Wachsthum, doch zeigt auch die Höhe besonders in der letzten Periode noch eine beträchtliche Vermehrung (Tabelle VII).

Das Wirbelloch ist im Verhältniss zum Körper viel zu weit angelegt, ein ausgesprochenes Wachsthum zeigt es nur in der ersten und ein geringes noch in der zweiten Periode. In der ersten Periode wächst an der Hals- und Lendenwirbelsäule namentlich der frontale Durchmesser, so dass die querovale Form des Wirbelloches in diesen Gegenden entsteht, wie wir sie beim Erwachsenen kennen. Vom Ende der zweiten Periode ab bleiben die inneren Verhältnisse des Wirbelloches dieselben; um die richtigen Verhältnisse zum Wirbelkörper aber herzustellen, muss an der Halswirbelsäule der frontale, an der Brustwirbelsäule der sagittale, an der Lendenwirbelsäule diese beiden Durchmesser des Körpers zunehmen. Dies geschieht für die Halswirbelsäule bis zum Ende der zweiten Periode, während für Brust- und Lendengegend erst durch das gesteigerte Wachsthum der letzten Periode die endgültigen Proportionen erreicht werden.

Die Fortsätze zeigen von allen Theilen des Wirbels das stärkste Wachsthum und auch hier speciell wieder in der ersten und letzten Periode; sie sind bei der Geburt am wenigsten vorgebildet und erreichen schliesslich die grössten Masse.

Ueber die Veränderungen des Zwischenwirbelloches und der pedunculi crurum wurde an früherer Stelle das Nöthige mitgetheilt. Charakteristisch für die Veränderung dieser ist die dritte Periode.

Schliesslich bliebe nur mehr, nachdem ich die wichtigsten Veränderungen der einzelnen Wirbel während ihrer Entwicklung aufgezählt und zu erklären versucht habe, noch übrig für das auffallendste Ereigniss im Gange des Wachsthums eine Erklärung zu versuchen, ich meine für das Zunehmen der Wachsthumsenergie in allen Richtungen, je mehr man sich vom oberen dem unteren Ende der Wirbelsäule nähert. Diese eigenthümliche Thatsache betrifft nicht nur die Wirbelsäule, sondern in gleicher Weise das Wachsthum des ganzen Körpers. Im Laufe der Entwicklung wird nämlich der Kopf nur zweimal, die Wirbelsäule dreimal, die untere Extremität vier- bis fünfmal so gross wie bei der Geburt. Je tiefer also ein Theil liegt, desto mehr wächst er, je tiefer ein Theil liegt, desto mehr ist er aber auch belastet, es scheint demnach, dass mit dem wachsenden Druck auch die den Knochen umgebenden Knorpel- und Periostmassen zu erhöhter Knochenproduction gereizt werden. Auffallend ist allerdings dabei, dass der fertige Knochen schon durch verhältnissmässig geringen Druck zerstört wird.

Hiermit glaube ich das Wichtigste über das Wachsthum der Wirbelsäule, so weit es mir nach meinem Materiale und den vorhandenen Litteraturangaben möglich war, wiedergegeben zu haben. Ich habe an mehreren Stellen darauf hingewiesen, dass manche Angabe der Correctur bedürfen wird, manche mag sich vielleicht als unrichtig erweisen; dies muss späteren Untersuchungen überlassen bleiben. Die Grundzüge der Entwicklung der Wirbelsäule aber, glaube ich, stehen fest und werden durch weitere Forschungen nur bestätigt werden.

Litteratur.

1. Dr. G. Schadow, Polyclet, oder von den Massen des Menschen. Berlin 1877.

2. Lionardo da Vinci, Trattato della Pittura. Roma 1817.

3. Albrecht Dürer, «Hierin sind begriffen, vier Bücher von menschlicher Proportion» etc. Nürnberg 1528.

4. Ad. Quetelet, Anthropométrie. Bruxelles et Paris 1871.

5. Fr. J. Gall, Anatomie et physiologie du système nerveux et du cerveau en particulier etc. Paris 1810-1820.

6. Lavater, Physiognomik. Berlin 1834.

7. C. G. Carus, Symbolik der menschlichen Gestalt. Leipzig 1853.

8. A. Zeising, Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers. Leipzig 1854.

9. E. Harles, Lehrbuch der plastischen Anatomie. Stuttgart 1858.

10. H. Meyer, Beiträge zur Mechanik des menschlichen Knochengerüstes, Müller's Archiv 1853.

11. R. Langer, Wachsthum des menschlichen Scelettes mit Bezug auf den Riesen. Wien 1872.

12. W. A. Freund,

a. Gynäkologische Klinik, 1. Bd. Strassburg 1885. (Ueber das sogenannte kyphotische Becken.)

b. Ueber die Indicationen zur operativen Behandlung der erkrankten Tuben. Volkmann'sche Vorträge Nr. 323.

13. M. Ravenel, Die Massverhältnisse der Wirbelsäule und des Rückenmarkes beim Menschen, Zeitschrift für Anat. und Entwicklungsgeschichte 1877.

14. A. Henke, Zur Anatomie des Kindesalters. (Gerhardt's Handbuch der Kinderkrankheiten.) Tübingen 1877.

15. Ch. Roberts, A Manual of Anthropemetry. London 1878.

16. F. Horner, Ueber die normale Krümmung der Wirbelsäule. Müller's Archiv 1854.

17. Parow, Studien über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung etc. Virch. Arch. 31.

18. G. Balandin, Krümmung der Wirbelsäule beim Neugebornen. Virch. Arch. 57.

19. C. Hüter, Die Formentwicklung am Scelet des menschlichen Thorax. Leipzig 1865.

20. P. Bouland, Journal de l'Anat. et de la Phys. 1872.

21. H. Bulan, Die reife Frucht. Inaug.-Dissert. Bern 1878.

22. W. und E. Weber, Mechanik der Gehwerkzeuge.

23. F. P. Liharzik, Das Gesetz des Wachsthums. Wien 1862.

24. N. Lieberkühn, Marburger Sitzungsberichte 1867.

25. W. A. Freund, Ueber Akromegalie. Volkmann'sche Vorträge 329-30.

26. W. Adams, Med Times and Gaz. September 1861.

27. Rambaud et Renault, Origine et développement des os. Paris 1864.

Tabellen und Curven.

TABELLE I.

Masse der freien Wirbelsäule in verschiedenen Lebensaltern.

Alter.	Körperlänge.	Länge der freien Wirbelsäule.	Verhältnis der freien Wirbelsäule zur Körperlänge (Körperl. = 1000)
0	50,0	19,2	384
3	86,0	31,7	368
5	112,0	33,5	300
6 1/2	116,0	33,0	285
9	127,0	41,5	327
11	138,0	41,0	297
14	152,0	44,0	289
15 1/2	162,0	45,6	281
Erwachsen	165,3	58,8	354
	167,0	57,0	341
	168,0	59,0	381
	173,0	59,5	344
	175,5	64,0	364

TABELLE II.

Massverhältnisse der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule.

Absolute Werte in Centimetern.

Ganze Länge.	Halsteil.	Brustteil.	Lendenteil.
19,2	4,6	9,45	5,15
31,7	6,8	15,2	9,7
33,5	6,9	16,3	10,3
41,0	8,6	20,5	11,9
41,9	8,8	20,8	12,3
44,0	9,5	22,0	12,5
45,6	11,8	20,5	13,2
57,0	11,0	27,0	19,0
57,0	11,0	28,0	18,0
58,8	12,1	27,7	19,0
59,5	12,0	29,0	18,5
60,0	12,0	28,5	19,5
64,0	11,0	32,0	21,0

TABELLE III.

Relative Massverhältnisse der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule.

Ganze Länge = 1000. (Berechnet aus Tabelle II.)

Ganze Länge.	Halsteil.	Brustteil.	Lendenteil.
1000 (19,2)	240	490	260
1000 (31,7)	214	479	306
1000 (33,5)	206	486	308
1000 (41,0)	209	500	290
1000 (41,9)	210	496	293
1000 (44,0)	216	500	284
1000 (45,6)	245	468	287
1000 (57,0)	193	474	333
1000 (57,0)	193	490	317
1000 (58,8)	206	460	323
1000 (59,5)	202	487	310
1000 (60,0)	200	475	325
1000 (64,0)	172	500	328

TABELLE IV.

Wachstum des vierten Halswirbels.[1]

(Masse in Centimetern.)

Alter in Jahren	0	3*	5	6 1/2*	9	11	14	15 1/2*	Mann
Körper: Höhe	0,55	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,90	1,00	1,30
» : sagittaler med. Durchmesser	0,70	0,90	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,40
Foramen vertebrale: sag. Durchmesser	1,05	1,10	1,50	1,40	1,50	1,50	1,55	1,55	1,60
Differenz	— 0,35	— 0,20	— 0,25	— 0,40	— 0,25	— 0,25	— 0,30	— 0,30	— 0,20
Körper: frontaler Durchmesser[2]	1,20	1,75	1,75	2,00	1,75	1,80	2,00	2,00	2,10
Foramen vertebrale: front. Durchmesser	1,45	2,10	2,30	2,25	2,35	2,20	2,15	2,25	2,40
Differenz[2]	— 0,25	— 0,35	— 0,55	— 0,25	— 0,60	— 0,40	— 0,15	— 0,25	— 0,30
Foramina transvers.: Abstand[3]	1,50	2,35	2,40	2,50	2,25	2,30	2,50	2,50	2,50
Pedunculi crurum: eigentliche[4]	0,90	1,45	1,40	1,50	1,35	1,40	1,50	1,50	1,60
Pedunculi crurum: scheinbare[5]	0,50	0,70	0,70	0,70	0,75	0,80	0,70	0,70	0,70
Obere Gelenkflächen: Abstand[6]	2,10	3,20	3,35	3,40	3,40	3,30	3,60	3,60	3,90
Obere Gelenkflächen: Breite	0,90	1,30	1,80	1,60	1,50	1,45	1,45	1,60	1,80
Querfortsatz: Länge[7]	0,60	1,00	1,00	1,00	1,20	1,15	1,25	1,20	1,40
Rippenrudiment: Länge[8]	0,55	0,80	0,75	0,90	0,80	0,95	0,95	0,90	1,30
Dornfortsatz: Länge	0,60	1,10	1,00	1,50	1,20	1,35	1,55	2,00	2,50

* Masse nach Langer; ebenso für dieses Alter auch in den folgenden Tabellen.

[1] In der nachfolgenden Weise wurden sämmtliche Wirbel gemessen. Um aber die Arbeit nicht zu sehr mit Zahlen zu belasten und eine leichtere Uebersicht zu ermöglichen, werden aus jeder Abteilung der Wirbelsäule nur die Masse für besonders charakteristische Wirbel mitgeteilt, zwischen die sich die übrigen einreihen. [2] Mit Einschluss der Wurzel der Bogenstücke. [3] Der medialen Ränder. [4] Von der Fuge zur Mitte der oberen Gelenkfläche. [5] Von der Leiste der oberen Endfläche zum medialen Rand der oberen Gelenkfläche. [6] Aus ihren Mittelpunkten. [7] Vom Rande des foramen transv. aus. [8] Von der Leiste der oberen Endfläche.

TABELLE V.

Wachstum des dritten Brustwirbels.

(Masse in Centimetern.)

Alter in Jahren	0	3	5	6 1/2	9	11	14	15 1/2	Mann
Körper: Höhe	0,65	1,00	1,05	1,05	1,20	1,10	1,25	1,30	1,60
» : sagittaler med. Durchmesser	0,90	1,30	1,50	1,45	1,55	1,50	1,80	1,65	1,90
Foramen vertebrale: Durchmesser	1,10	1,35	1,45	1,45	1,65	1,45	1,55	1,50	1,50
Differenz	— 0,20	— 0,05	+ 0,05	0,00	— 0,10	+ 0,05	+ 0,35	+ 0,15	+ 0,40
Körper: Frontaler Durchmesser	1,30	1,90	2,25	2,20	2,40	2,15	2,45	2,50	3,00
Foramen vertebrale: Front. Durchmesser	1,00	1,40	1,70	1,55	1,60	1,65	1,50	1,60	1,65
Differenz	+ 0,30	+ 0,50	+ 0,55	+ 0,65	+ 0,80	+ 0,45	+ 0,95	+ 0,90	+ 1,35
Peducunculi crurum	1,00	1,40	1,35	1,40	1,60	1,50	1,35	1,45	1,50
Abstand zwischen den oberen Gelenkflächen	1,40	2,00	2,30	2,30	2,20	2,40	2,45	2,40	2,60
Abstand der oberen Gelenkfl. von der Endfläche	0,70	1,00	1,10	1,00	1,00	1,15	0,90	0,80	0,80
Abstand zwischen den Fossulae costales	1,30	2,10	2,25	2,30	2,40	2,00	2,30	2,60	2,60
Querfortsatz: Länge[1]	1,15	1,70	1,90	2,10	2,10	2,20	2,55	2,25	2,80
Dornfortsatz: Länge	0,90	1,90	2,00	2,00	2,70	2,40	2,85	2,90	4,00

[1] Von der fossula cost. des Körpers zu der des Querfortsatzes.

TABELLE VI.

Wachstum des siebenten Brustwirbels.

(Masse in Centimetern.)

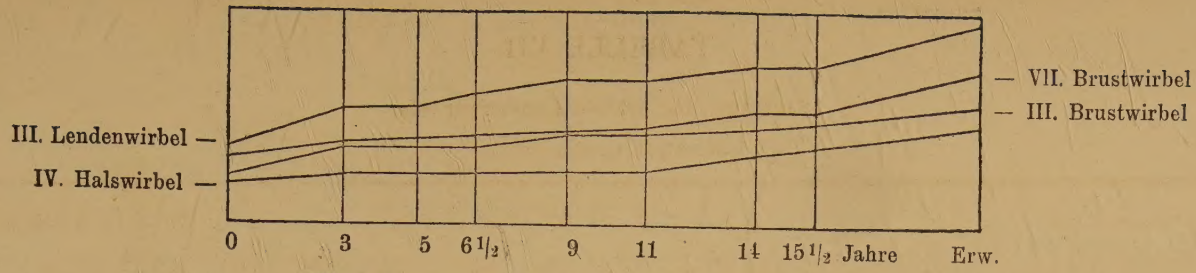
Alter in Jahren	0	3	5	6 1/2	9	11	14	15 1/2	Mann.
Körper: Höhe	0,70	1,10	1,15	1,15	1,25	1,30	1,45	1,50	2,00
» : sagitt. med. Durchmesser	1,00	1,60	1,80	1,65	2,00	1,80	2,50	2,15	2,60
Foramen vertebrale: Durchmesser	1,05	1,45	1,50	1,55	1,55	1,60	1,60	1,60	1,60
Differenz	— 0,05	+ 0,15	+ 0,30	+ 0,10	+ 0,45	+ 0,20	+ 0,90	+ 0,55	+ 1,00
Körper: frontaler Durchmesser	1,40	1,95	2.55	2,00	2,40	2,30	2,80	2,60	3,20
Foramen vertebrale: Durchmesser	0,95	1,40	1,55	1,50	1,45	1,80	1,40	1,60	1,60
Differenz	+ 0,45	+ 0,55	+ 0,70	+ 0,50	+ 0,95	+ 0,50	+ 1,40	+ 1,00	+ 1,60
Pedunculi crurum	0,95	1,55	1.55	1,60	1,60	1,65	1,65	1,65	1,70
Abstand zwischen den oberen Gelenkflächen	1.30	1.70	1,70	1,90	2,05	2,15	2,15	2,20	2,30
Abstand der Endfläche von der Gelenkfläche	0,70	1,25	1,25	1,30	1,15	1,35	1,20	1,20	1,00
Abstand zwischen den Fossulae costales	1,40	2,00	2,10	2.10	2,35	2,20	2,35	2,70	2,90
Querfortsatz: Länge	1,10	1,60	1,85	2,25	2,20	2,05	2,15	2,25	2,90
Dornfortsatz: Länge	1,10	2,20	2,30	2,30	3,15	2,70	3,20	3,50	4,40

TABELLE VII.

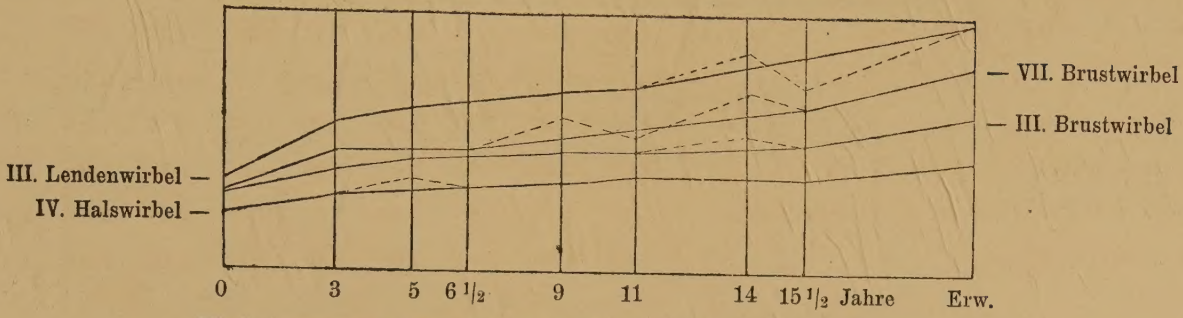
Wachstum des dritten Lendenwirbels.

(Masse in Centimetern.)

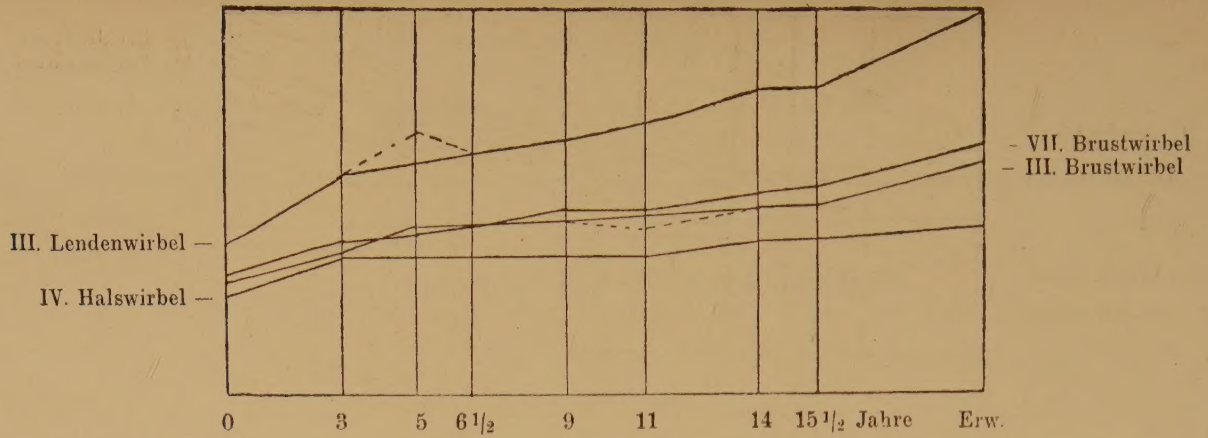
Alter in Jahren	0	3	5	6 1/2	9	11	14	15 1/2	Mann.
Körper: Höhe	0,90	1,50	1,50	1,55	2,00	2,00	2,15	1,90	2,70
» : sag. med. Durchmesser	1,20	1,95	2,30	2,20	2,35	2,45	3,05	2,45	3,30
Foramen vertebrale: Durchmesser	1,10	1,40	1,60	1,50	1,65	1,50	1,60	1,60	1,60
Differenz	+ 0,10	+ 0,55	+ 0,70	+ 0,70	+ 0,70	+ 0,95	+ 1,45	+ 0,85	+ 1,70
Körper: frontaler Durchmesser	1,80	2,90	3,50	3,10	3,30	3,45	4,00	3,90	5,10
Foramen vertebr.: Durchmesser	1,40	1,80	2,30	2,05	2,10	1,95	2,10	2,20	2,40
Differenz	+ 0,40	+ 1,10	+ 1,20	+ 1,05	+ 1,20	+ 1,50	+ 1,90	+ 1,70	+ 2,70
Pedunculi crurum: Länge	1,20	1,80	1,90	1,90	2,20	1,90	1,90	1,90	—
Obere Gelenkflächen: Abstand	2,05	2,50	2,60	2,50	2,20	2,45	2,75	2,80	2,85
Abstand der ob. Gelenkfl. von der Endfläche	0,70	1,10	1,60	1,10	1,65	1,50	1,40	1,05	1,10
Dornfortsatz: Länge	0,55	1,50	1,50	1,60	2,40	2,25	2,80	2,50	3,30



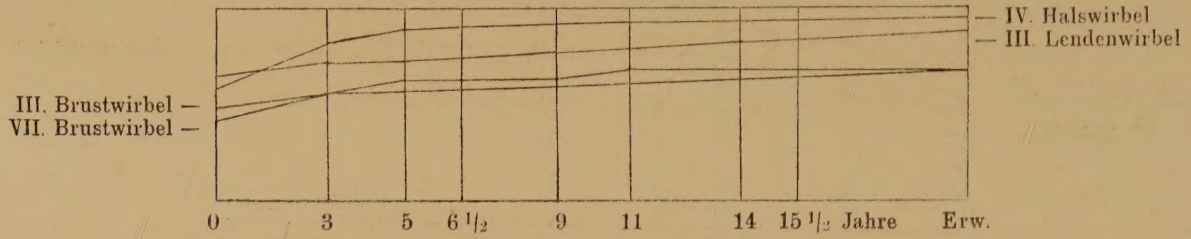
Wachstumscurve für die Höhe des Wirbelkörpers.



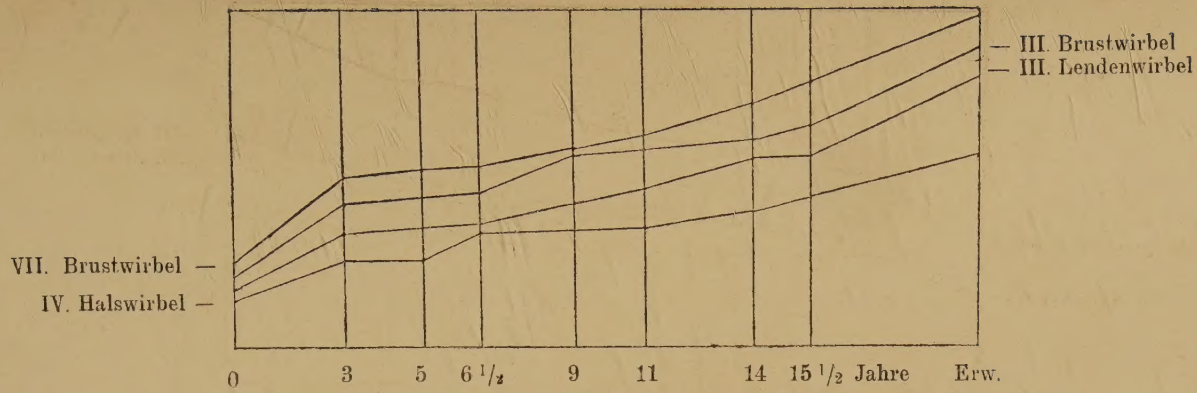
Wachstumscurve des sagittalen medialen Durchmessers des Körpers.



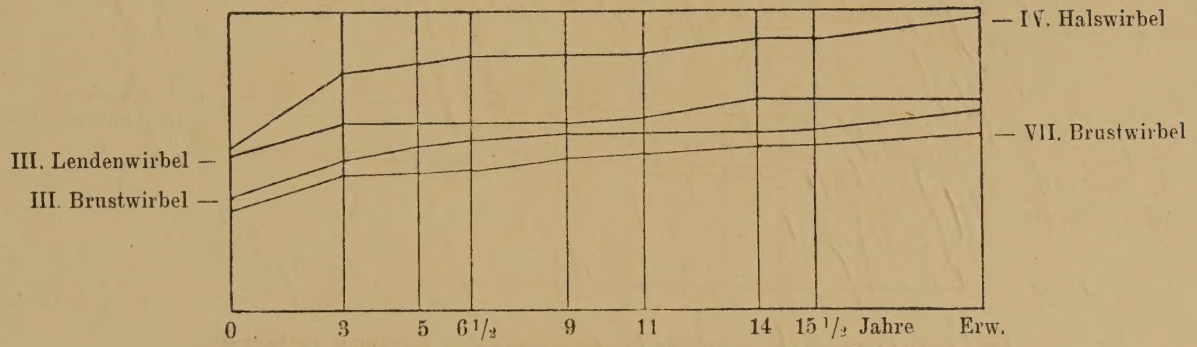
Wachstumscurve des frontalen Durchmessers des Körpers.



Wachstumscurve des frontalen Durchmessers des Foramen vertebrale.



Wachstumscurve für die Länge des Dorns.



Wachstumscurve für den Abstand der oberen Gelenkflächen.